



Title	蔬菜の結球に関する生理，形態学的研究 第15報：ハクサイの結球時における各葉の弾性並びに可塑性について
Author(s)	佐々木，勝治
Citation	北海道学芸大学紀要．第二部．B，生物学，地学，農学編，14(1)：43-49
Issue Date	1963-08
URL	http://s-ir.sap.hokkyodai.ac.jp/dspace/handle/123456789/5771
Rights	

蔬菜の結球に関する生理, 形態学的研究

第15報 ハクサイの結球時における各葉の弾性並びに可塑性について

佐々木 勝治
北海道学芸大学旭川分校農学研究室

Katsuji SASAKI: Physiological and morphological studies on the head formation of some vegetables.

Part 15. Changes of elasticity and the plasticity of leaves at the head formation period in *Brassica pekinensis* RUPR.

Summary

In the present investigation, the changes of the elasticity and the plasticity of the leaves were measured in order to obtain some informations on the bending mechanism of the leaf tissues during the head formation period in *Brassica pekinensis* RUPR. And it was ascertained that the elasticity and the plasticity of the leaf tissues, particularly the latter, became greater with the progressive growth stages of the head formation.

Judging from the results obtained in this study, it seems reasonable to assume that the variations of elasticity and plasticity of the leaves are closely related to the bending of the heading leaves, working in close co-operation with an uneven distribution of auxin and an osmotic force in the leaf tissues. Particularly it seems highly probable that the elasticity and the plasticity of the upper parts of midribs and laminae neighbouring to the former may play important roles to the bending of heading leaves.

前報でハクサイの結球に際して結球葉の屈曲力および、彎曲角度について報告した。その結果から、屈曲力が著しく旺盛であり、かつ彎曲角度も高い値を示した内葉が結球現象に密接に関係することを明らかにした。しかもこの屈曲力は、各部位における組織の生長に密接な関係があるごとく考えられる。すなわち細胞の伸長に際しては、細胞の可塑性を高めて伸長現象を起すものと思惟され、これに関連しては、Skoogら、(1942)の報告がある。坂村(1959)は、細胞膜の可塑性の相違は、種々の細胞の形の変化をきたすことを報告している。また橋本(1959)は植物の弾性は細胞の膨圧および細胞膜の理化学的性質によつて影響を受けるものと報告しているが、これらの結果から植物細胞の生長に際しては、弾性生長と可塑性生長が考えられ、これら両者が相まつて、植物の生長が促進されるものと考えられる。ハクサイの結球に際しての葉の屈曲現象も、中肋における外側と内側の伸長生長の差を生じて屈曲が起つて結球が結果するものと思われる。このことについて長尾昌之(1961)は、植物の屈曲にあつては器官の両側の生長素の分布が不均等になるためであ

ると報告しているが、結球に際しても同様な経過が考えられる。これらの理由からハクサイ結球時の各葉組織の弾性および可塑性についてしらべた結果、結球時には屈曲力の顕著なものほど、弾性、可塑性が高くなる興味ある結果を得たので報告する。

本研究実施に当り終始御懇篤なる御指導を戴いた北海道大学農学部教授田川隆農学博士に対し衷心より感謝の意を表する。また実験上の御指導を戴いた北海道学芸大学助教沢田義康農学博士ならびに実験上の助力を戴いた北海道大学農学部石坂信之氏に対し深甚なる謝意を表する。

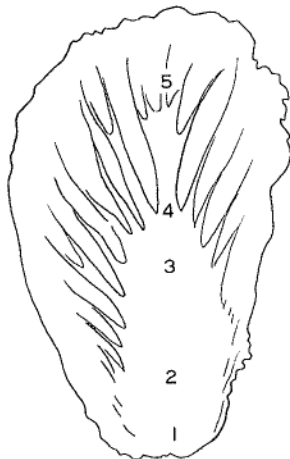
実験材料および実験方法

1. 供試材料

材料として *Brassica pekinensis* RUPR, (ハクサイ) の一品種である「長岡二号」を用いた。3月30日に播種し、92日目の6月30日に結球完了のもの5株供試した。

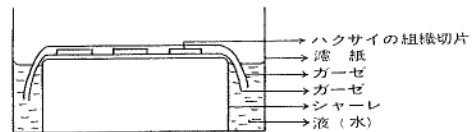
2. 測定方法

まずハクサイの抱合している葉を内葉とし、外方の葉を外葉とし、内葉と外葉の中間部の葉を中葉とし、この三葉の各々をさらに、外部葉、内部葉に分けた。さらに第1図に示す如く、中肋部と葉身部に分け、中肋部では3個所、すなわち(1)の個所は中肋基部より2cm上方の中肋の中央部を用いた。つぎに(2)の個所についてはハクサイ葉を縦に20等分し、中肋の基部より $\left(\frac{4}{20}\right)$ の個所を

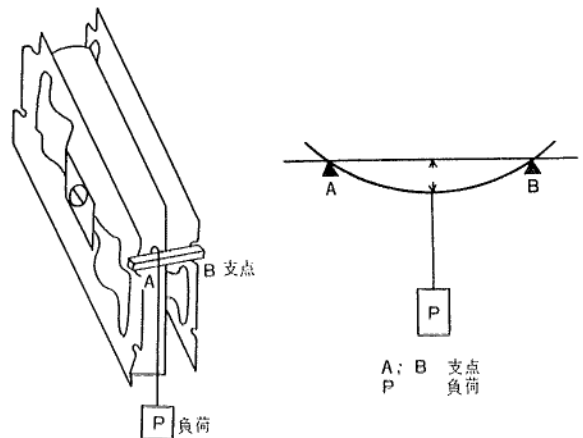


第1図 ハクサイの組織片の吸水測定個所

1. 中肋部下部 葉身長を20等分した $\frac{1}{20}$ の個所
2. 中肋部中部 $\frac{4}{20}$ で上方に彎曲する個所
3. 中肋部上部 $\frac{9}{20}$ の個所
4. 葉身部下部 $\frac{11}{20}$ で葉柄と葉身の分れ目
5. 葉身部上部 $\frac{17}{20}$ で屈曲度の多い個所



第2図 吸水装置



第3図 弾性、可塑性の測定装置

用いた。この個所は中肋において内方に彎曲する部分である。また(3)の個所については(2)の個所と同様で $\left(\frac{9}{20}\right)$ の個所である。さらに(4)の個所は $\left(\frac{11}{20}\right)$ で、葉柄と葉身の境界部にあたる部分である。(5)の個所は、上記と同様に $\left(\frac{17}{20}\right)$ の個所で葉身において彎曲が最も強くみられる部分であ

る。これら各々中肋を外側および内側に分け、それらの各組織片を用いた。この組織片は表皮組織ならびに維管束を除いて、カッターを用い、長さ 1.8 cm, 幅 1 mm, 厚さ 1 mm にしたものを 10 個体用いた。この 10 個体と予備実験の結果, 第 2 図に示すごとく, シヤールの上のせ 25°C の保温槽中に incubate して 25 分間おき, 十分吸水させたものを, 第 3 図に示すごとく装置を用い, 間隔 1.2 cm を有する A, B 支点上におき, 弾性の限界内においてその中央に 250 mg のおもりを負荷として与え, そのときの撓みと, おもりを除いた場合のそれを顕微鏡下で, ミクロメーターを用いて測定した。この場合おもりを負荷した場合の測定値から, おもりを除いた場合の測定値を差引いた数値を弾性とし, おもりを除いた場合の数値を可塑性とした。本実験に用いた数値はミクロメータースケールの読みであつて, 1 目盛 1.4 mm に相当する。

実験結果および考察

結球時におけるハクサイ各葉の弾性, 可塑性について調べ第 1 表 A・B および第 4・5 図に示す結果を得た。まずハクサイの外葉外部葉 (7 枚目) についてみると, この葉は彎曲角度 (一)20 度で屈曲力 (一)180 g × cm がみられ, 外方に屈曲を示した葉である。この外葉外部葉の外側における中肋組織の弾性についてみると, 中肋部の下部 (1) の個所において 4.0 を示したのに対して, 中部 (2) は 4.5 を示し, 次第に増加がみられたが, 中肋上部 (3) においては弾性の低下がみられ 3.5 を示した。このように中肋の各部分においても組織間で弾性に相違がみられた。つぎに内側についてみると下部 (1) は 3.5, 中部 (2) では 5.5, 上部 (3) では 4.5 を示し, 同じ中肋においても外側と内側とでは相反する傾向がみられた。つぎに葉身部についてみると葉身の下部 (4) では外側は 2.5 を示し, 上部 (5) では 2.0 を示した。葉身部においては上部に進むに従つて弾性の低下の傾向がみられた。さらに内側は外側に比して高く, 下部 (4) では 3.0 を示し, 葉身上部 (5) は 3.5 を示した。かくのごとく (一)20 度の彎曲角度を示し, 外側に反転する外葉の弾性はつねに内側が大きい。一方この部分における可塑性についてみると, まず中肋部の外側では, 下部 (1) において 3.5, 中部 (2)

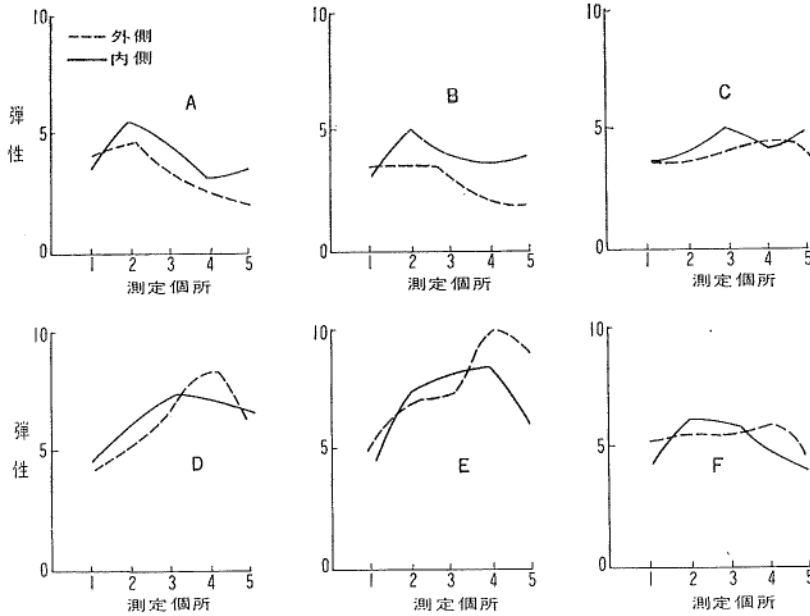
第 1 表 A 弾 性

測定個所	中肋部下部 (1)		中肋部中部 (2)		中肋部上部 (3)		葉身部下部 (4)		葉身部上部 (5)	
	外側	内側	外側	内側	外側	内側	外側	内側	外側	内側
A. 外葉の外部葉	4.0	3.5	4.5	5.5	3.5	4.5	2.5	3.0	2.0	3.5
B. 外葉の内部葉	3.5	3.0	3.5	5.0	3.0	4.0	2.0	3.5	2.0	4.0
C. 中葉の外部葉	3.5	3.5	3.5	4.0	4.0	5.0	4.5	4.0	4.0	5.0
D. 中葉の内部葉	4.5	4.5	5.0	6.0	6.5	7.3	8.5	7.0	6.0	7.0
E. 内葉の外部葉	5.0	4.5	7.0	7.5	7.0	8.0	10.0	8.5	9.0	6.0
F. 内葉の内部葉	5.3	4.0	5.5	6.2	5.5	6.0	6.0	5.0	4.5	4.0

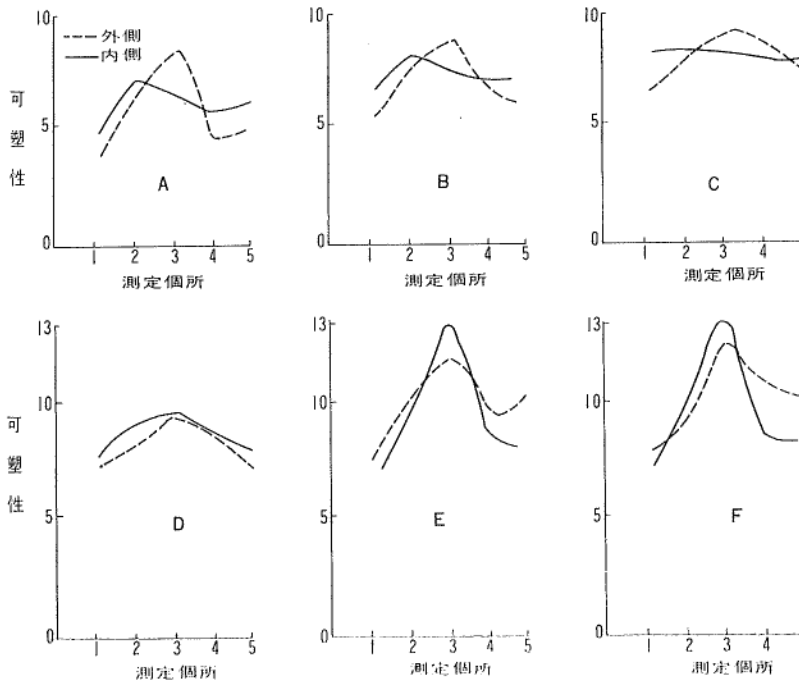
第 1 表 B 可 塑 性

測定個所	中肋部下部 (1)		中肋部中部 (2)		中肋部上部 (3)		葉身部下部 (4)		葉身部上部 (5)	
	外側	内側	外側	内側	外側	内側	外側	内側	外側	内側
A. 外葉の外部葉	3.5	4.5	6.0	7.0	8.5	6.5	4.0	5.0	4.5	5.5
B. 外葉の内部葉	5.0	6.2	7.5	8.0	9.0	7.5	6.0	6.5	5.9	7.0
C. 中葉の外部葉	6.0	8.0	8.0	8.5	9.0	8.5	8.5	8.0	7.5	8.0
D. 中葉の内部葉	7.0	7.5	8.0	9.0	9.5	9.5	8.5	8.7	7.0	8.0
E. 内葉の外部葉	7.5	7.0	10.0	9.0	12.0	13.0	9.0	8.0	10.0	8.0
F. 内葉の内部葉	7.5	7.0	9.0	9.0	12.5	13.0	10.0	8.0	10.0	8.0

○ 数値はミクロメータースケールの読みであつて, 1 目盛 1.4 mm に相当する。



第4図
弾性の状態



第5図
可塑性の状態

は6.0、上部(3)では8.5を示した。中肋部の上部に向うに従つて弾性は次第に低下の傾向を示したのに対して、可塑性は次第に増加した。つぎに内側についてみると、中肋下部(1)では4.5、中肋中部(2)は7.0、上部(3)では6.5を示した。すなわち中肋中部より下方においては外側に比して内側に強い可塑性を認めた。逆に中肋上部では内側に比して外側に高い可塑性を認めた。つぎに葉身部についてみると、まず葉身下部(4)では外側4.0で内側は5.0を示し、上部(5)では外側は4.5、内側は5.5と次第に可塑性の増大がみられた。この結果から考えられることは、外葉の外部葉

においては、細胞の伸長も旺盛に行なわれるが、とくに中肋部で顕著であつて、外側に比して内側の伸長が旺盛であつた。この結果から弾性の点では、中肋下部では内側より外側に、中部および上部においては外側より内側に高い弾性を示した。これに対し可塑性の点ではこれと逆に下部においては、外側より内側に、上部においては外側に高い値がみられた。

つぎに外葉の内部葉(9枚目)についてみると、この内部葉は彎曲角度(-)25度で屈曲力(-)150g×cmがみられ、外部葉について外方に屈曲を示した葉である。まず弾性についてみると、外側ではあまり中肋には変化がみられないが一方内側では中肋下部(1)に比して中部(2)、上部(3)に大きい弾性がみられ、これが外葉の屈曲現象と関連があるもののごとく考えられる。また葉身部の下部(4)の外側についてみると、弾性は2.0を示し、葉身上部(5)においても2.0がみられたが、内側の葉身下部(4)では3.5を示したのに対し、上部(5)は4.0を示し、明らかに内側の弾性が大きい数値を示すがこれは外葉の外方への屈曲現象と関連があるものと思われる。

つぎに可塑性についてみると、まず外側では中肋部の下部(1)においては5.0、中部(2)では7.5、中肋上部(3)では9.0を示した。すなわち外部葉と同様に中肋下部(1)より上部(3)に至るにつれて可塑性の増強がみられた。つぎに中肋部の内側についてみると下部(1)では6.2、中部(2)では8.0、上部(3)では7.5を示す。このように外側と内側と相反する傾向がみられ、外側に可塑性の強い部分は内側に弱く、逆に内側に可塑性の強い部分は外側に可塑性が弱い値がみられた。すなわちこのことは、結球ハクサイの結球に対する生理的特性のように考えられる。つぎに葉身部についてみると、まず外側の下部(4)では6.0を示し、上部(5)では5.9を示した。また内側は下部(4)では6.5を示したのに対し、上部(5)では7.0を示した。このことは外部葉と同様に葉身部が結球現象に関与するものごとく、この外側に反転する場合は弾性も可塑性も内側に大きい値がみられる。

つぎに中葉の外部葉(11枚目)についてみると、この葉は彎曲角度(-)20度で屈曲力(-)130g×cmがみられ、外葉と同様外方に屈曲を示した葉である。まず中葉外部葉の弾性についてみると、外側では中肋下部(1)、中部(2)とも3.5を示し、上部(3)において4.0を示した。また内側についてみると、中肋下部(1)では3.5、中部(2)では4.0、上部(3)では5.0を示し、中肋下部より上部にゆくにつれて次第に弾性の増加がみられた。つぎに葉身部についてみると、葉身部の外側の下部(4)においては4.5、上部(5)では4.0を示した。内側についてみると、下部(4)では4.0、上部(5)では5.0を示し、次第に弾性の増加がみられ、外葉と同様な傾向がみられた。

つぎに中葉の外部葉における可塑性についてみると、まず中肋部外側の下部(1)において6.0を示し、中部(2)では8.0、上部(3)では9.0を示し、中肋上部に行くにつれて外葉と同様に可塑性の増強がみられた。また内側においてはいずれも8.5を示した。つぎに葉身部の下部(4)においてみると、外側では8.5を示し、上部(5)では可塑性は減少して7.5を示した。また内側の下部(4)、上部(5)とも8.0を示した。概して外側反転葉では内側の可塑性が大きい値を示した。

つぎに中葉の内部葉(13枚目)についてみると、内部葉は、彎曲角度(-)5度、屈曲力(-)60g×cmであり僅かながら外側に屈曲がみられる葉である。まず弾性についてみると中肋の外側の下部(1)は4.5、中部(2)は5.0、上部(3)では6.5を示し、外部葉と同様に弾性の増加が中肋上部に増強された。一方内側についてみると、下部(1)は4.5、中部(2)は6.0、上部(3)は7.3を示した。つぎに葉身部の外側の下部(4)では8.5を示し、上部(5)では6.0を示し、弾性の低下がみられた。また内側の葉身部の下部(4)、上部(5)ともに7.0を示した。一般に外葉においては葉身部に比して中肋部に強い弾性を認められたが、中葉とくに中葉内部葉においては、逆に葉身部に強い弾性が認められたことは注意を要する。このことは中葉の内部葉が内葉に近い生理的性質を示

し結球現象に関与することを示すものと思われる。

つぎに可塑性についてみると中肋外側の下部(1)においては7.0、中部(2)では8.0、上部(3)では9.5を示し、中部下部より上部にゆくにつれて、可塑性の増加がみられた。また内側では下部(1)では7.5、中部(2)で9.0、上部(3)では9.5を示し、いずれも外側と同様な傾向がみられた。他方葉身部についてみると、下部(4)の外側では8.5を示し、上部(5)では7.0を示した。内側では下部(4)に8.7を示し、上部(5)は8.0を示した。

つぎに内葉の外部葉(26枚目)についてみるとこの外部葉は彎曲角度98度で屈曲力1250g×cm各葉中の最高値を示し内方に強度の屈曲を示した葉である。

まず弾性についてみると、外側の中肋下部(1)は5.0、中部(2)、上部(3)とも7.0を示し次第に上部に進むにつれて上昇した。しかも外葉、中葉からさらに内葉に進むにつれて、弾性は次第に増加する傾向がみられた。このことはこの内葉外部葉の中肋が外葉、中葉の中肋に比して異なつた意義を有するものと思われる。内側においても下部(1)では4.5、中部(2)で7.5、上部(3)では8.0を示し、いずれも外側と同様に弾性の増加の傾向がみられた。つぎに葉身部についてみると、葉身部の外側の下部(4)では10.0を示し上部(5)では9.0を示した。また内側では、下部(4)で8.5を、上部(5)で6.0を示した。かくのごとく葉身部においては、外葉、中葉に比しさらに著しく高い弾性がみられた。

つぎに可塑性についてみると、中肋の外側の下部(1)では7.5、中部(2)は10.0、上部(3)は12.0を示した。また内側においては下部(1)は7.0、中部(2)は9.0、上部(3)では13.0を示し、下部より上部に進むにつれて急激な増加がみられた。つぎに葉身部についてみると、まず外側では下部(4)は9.0、上部では10.0を示した。また内側の下部(4)は8.0、上部(5)では8.0を示した。すなわち中肋部と同様に外葉、中葉に比してさらに著しく高い可塑性がみられた。

つぎに内葉の内部葉(48枚目)についてみると、この内部葉は、彎曲角度10度、屈曲力30g×cmであり、葉身の彎曲もあまり著しくない葉である。まず内部葉の弾性についてみると、中肋の外側の下部(1)で5.3、中部(2)、上部(3)とも5.5を示した。また内側では下部(1)で4.0、中部(2)で6.2、上部(3)で6.0を示した。すなわち内葉外部葉に比して中肋の外側、内側においてはいずれも弾性の低下がみられた。また葉身部においても中肋部と同様、外部葉に比して、弾性の急激な低下を示した。つぎに可塑性についてみると、中肋下部(1)の外側では7.5、中部(2)で9.0、上部(3)で12.5を示した。内側では下部(1)は7.0、中部(2)で9.0、上部(3)では13.0を示し、下部より次第に上部に行くにつれて増加した。しかも外部葉に比して可塑性は増強された。一方葉身部においても、中肋部と同様に可塑性の増加がみられた。内葉内部葉において弾性は低下したのに対し、可塑性が増加する傾向がみられたことは興味あることである。

ハクサイの結球に際して弾性の増加した内葉において、弾性と相互関係があると思われる可塑性も内葉の外部葉に顕著な増加をみとめた。すなわち、ハクサイの各葉中、とくに屈曲ならびに彎曲角度の甚しい内葉の外部葉に可塑性も増加し、しかも顕著な吸水力もみられ、細胞の伸長も旺盛に行なわれる傾向がみられた。

以上の結果から総合すると、まず外葉においては、屈曲力および彎曲角度から明らかにしたごとく外方への屈曲がみられた。この現象を弾性、可塑性から考察すると、外葉外部葉、外葉内部葉、中葉外部葉および中葉内部葉と内方に進むに従い弾性ならびに可塑性が高まる傾向がみられたが、とくに可塑性において著しい。

葉身部における外側と内側の弾性および可塑性についてみると、第4・5図からもみられるごとく外葉の外部葉、内部葉ともに弾性、可塑性はいずれも外側に比し内側に高い値を示し、葉は外側

に反転している。また中葉の外部葉、内部葉においても外側に比し内側に強い作用を示した。このことは各部位における細胞の伸長からも理解できることである。以上の結果として外葉は外側に屈曲することは容易に理解される。中葉においても、その程度こそは、僅少であるが外葉について外側に屈曲するものと思われる。しかるに内葉外部葉においては、上記とことなり著しく高い弾性、可塑性がみられた。これに対し内葉内部葉においては、却つて弾性が低下し可塑性の増加がみられたことは、外葉、中葉に比し発育の若い段階にあることを示し、将来の生長にあつては、内葉の屈曲に際して、長尾の報告するごとく生長素の不均衡分布により、内側への屈曲を起しうるポテンシャルを示すものと思われる。とくに内葉外部葉は、中葉内部葉と逆に内側に比し外側に、弾性、可塑性の極めて高い数値を示したことは屈曲力、彎曲角度、他方滲透圧および細胞の伸長からも理解でき、とくに第4・5図に見るごとく、弾性、可塑性ともに、葉身部の下部(4)および上部(5)の部位の外側に高い数値をみることは、この葉身部のこの部位が、ハクサイ結球に際して重要な意義を有することを示すものであろう。内葉内部葉(中心葉)の葉身部においては、同外部葉の葉身部と異なつた傾向を示したことは、中心の生長葉は、直接には結球現象に関係しないが、しかし結球葉の若い時代の発育段階を示すとともに、結球の充実葉として十分に存在理由を示すものである。

文 献

- 1) Clark & Kearns: Bot, Gaz. 104 (1943).
- 2) Dolk: Ib: d, 33 (1936).
- 3) Heyn: Jb. Bot, 79 (1934. a, b).
- 4) 伊東秀夫, 加藤徹: 園芸学会, 26, 3 (1951).
- 5) 橋本武: カリーシンポジウム, (1959).
- 6) 長尾昌之: 生命の現象II, (1961).
- 7) Skoog et al: Amer. J. Bot, 29 (1942).
- 8) 佐々木勝治, 沢田義康: 北海道学芸大学紀要, 9, 111 (1958).
- 9) 佐々木勝治: 北海道学芸大学紀要, 10, 155 (1959).
- 10) 佐々木勝治: 北海道学芸大学紀要, 10, 162 (1959).
- 11) 佐々木勝治: 北海道学芸大学紀要, 10, 172 (1959).
- 12) 佐々木勝治: 北海道学芸大学紀要, 11, 75 (1960).
- 13) 佐々木勝治: 北海道学芸大学紀要, 11, 85 (1960).
- 14) 佐々木勝治: 北海道学芸大学紀要, 12, 63 (1961).
- 15) 佐々木勝治: 北海道学芸大学紀要, 12, 71 (1961).
- 16) 佐々木勝治: 北海道学芸大学紀要, 13, 132 (1962).
- 17) 佐々木勝治: 北海道学芸大学紀要, 13, 142 (1962).
- 18) 佐々木勝治: 北海道学芸大学紀要, 13, 131 (1963).
- 19) 佐々木勝治: 北海道学芸大学紀要, 13, 137 (1963).
- 20) 佐々木勝治: 北海道学芸大学紀要, 13, 143 (1963).