

植物組織汁の水素イオン濃度の變化より見たる日長 効果

田口, 亮平
九州帝國大學農學部植物學教室

<https://doi.org/10.15017/20979>

出版情報：九州帝國大學農學部學藝雜誌. 10 (3), pp.257-272, 1943-07. 九州帝國大學農學部
バージョン：
権利関係：



原 著

植物組織汁の水素イオン濃度の
變化より見たる日長効果¹⁾

田 口 亮 平

(昭和十七年十月二十日受理)

I. 緒 言

植物體の細胞・組織乃至組織壓搾汁（これを組織汁と稱することとする）の水素イオン濃度は植物の種類・部分により明かな變異を示し、又同一部分に於ても一日中の時刻・生長狀態等により異り、なほ顯著な季節的變化ある事が知られて居る (SMALL 1929)。著者は植物體の花熟期に於て體内に成立する生理的諸條件の研究を行ひ來りつゝあるが、この研究場面に於て、植物體内外の事情を微妙に反影する組織汁の水素イオン濃度の追求は極めて有意義と考へられる。發育に伴つて組織汁の $[H^+]$ （以下水素イオン濃度の代りに此の符號を使用する）が増すことは蕎麥・玉蜀黍 (HAAS 1920)、小麥 (HURD 1923 a, 1924, HURD-KARRER 1939 等)、タバコ (GARNER *et al.* 1923)、燕麥及び亞麻 (MIYAKE and ADACHI 1924)、甘藷 (野田 1934) 等に於て知られて居り、又レモン樹の結實枝は徒長枝より $[H^+]$ 高く (REED and HALMA 1926)、數種の植物の開花莖の組織は營養莖のそれより $[H^+]$ が大である (REA and SMALL 1926) とされて居る。日長効果乃至花熟現象と $[H^+]$ の關係に關連した業績としては GARNER, BACON and ALLARD (1924)、宗・小林・廣瀬 (1927)、HURD-KARRER and DICKSON (1934)、SINGH and SINGH (1939) 等諸氏の研究があるが、更に著者は既往の著者の仕事に關連してハウセンクワを材料としその發育經過中特に花熟に伴ふ組織汁の $[H^+]$ の變化並に日長條件を異にすることにより花熟を促進又は遅延せしめた場合に於ける變化如何を追求した。

實驗遂行に當り終始懇切なる指導と鞭撻を賜つた瀧瀬教授並に有益なる助言を與へられた小島助教授に對して深甚なる感謝の意を表する。又種々教示を賜つた農藝化學教室川村教授、植物病理學教室吉井教授に深謝する。

II. 實驗材料及び方法

1. 實驗材料

實驗材料並にその育成法は前報 (田口 1941) に記せる處と同様であつて、鉢植となせるハウセンクワを生育の初期に數群に分ちそのまゝ自然狀態に置くもの、又短日・長日・日陰等の條件に置くもの等となした。短日區は暗室 (松林中の小屋内に置き通風裝置を附す) を使用し日照時間は

1) 九州帝國大學植物學教室業績 第 98 號。本研究は文部省科學研究費により行はれつつある「生物實用生理領域に於ける組織粉末並びに粉末法の研究」の一部である。茲に之を記して謝意を表する (教授瀧瀬理一郎附記)。

9 時より 17 時迄の 8 時間、長日區は日没前植物園松林中の小屋内に搬入夜の所要時間中は電燈照明（約 1×2 米の廣さの上に 60 ワットの裸電球 2 個の割合で植物の頂端の上約 75 糎に置く）を行ひ日出時刻よりの明時の長さを 20 時間にし早朝外に搬出し、日陰區は鉢を植物園松林中に置いた。日長條件を異にする三區は日長以外の外界條件は出来るだけ均しくなる様取扱つたが、暗室内及電燈照明下の小屋内にある間は自然状態のものに比し氣温の最高が前者が $0.5^{\circ}-3^{\circ}\text{C}$ 、後者が $0.5^{\circ}-1.5^{\circ}\text{C}$ 高く、最低が前者が $0^{\circ}-1.5^{\circ}\text{C}$ 後者が $0^{\circ}-1^{\circ}\text{C}$ 高かつた。又暗室内のものは早朝より 9 時頃までは他の二區に比し多濕となるのを免れなかつた。

發育時期の區分は幼若期（花芽分化期以前）、花芽分化期（主枝の上部の最初の花芽が漸く擴大鏡にて識別される時期）、花蕾初期（最初分化した花芽は未だ小さくその上方では花芽の分化が進行して居る時期）、花蕾期（多數の蕾が莖に着生して居る時期）、開花開始期（最初の花を開く時期）、結實期（主枝の大部分の花が落花する時期）、結實末期（主枝の大部分の果實が結實する時期）の如くして材料の採取を行つた。長日區材料に於ては後記の如く花芽分化・開花が不整一となるので出来るだけ發育状態の揃つた材料をば供試するに努めた。採取時刻は晴天の日の翌日（降雨の日の翌日材料を採ることを餘儀なくされた極く少數の場合は硝子室内に朝搬入しその翌日）の日出時刻の直前と定めた。主枝及びこれに着生する葉を供試し、側枝は材料育成中は着生したまゝとしたが莖の供試にはこれより除いた。主枝は蕾・花・果實等を除き上下二部分に分けたが、熟度による $[\text{H}^+]$ の變化は莖の上部に於てより判然として居ることが實驗の進行により判つたので第三實驗以後は主としてその部分について研究を行つた。上部は各實驗ごとに後記した如き種々なる基準により供試した。

2. 實驗方法

組織汁壓搾前の豫措は液汁の pH 價に影響し、各豫措法はそれぞれ得失を免れ得ないのであるが、本實驗に於ては主として氷結法を採用することとし、尙時には（實驗第五）生の材料を摺り潰して搾汁する方法をも採用した。先づ材料を充分清掃の上手早く 5 糎内外に切斷し 4×20 糎の試験管内に密封し水と鹽との寒劑中に出来るだけ早く入れその中に數時間保ち、氷結後取出し材料の溶融後直ちに一定壓力を以て搾汁測定に供した。搾汁には材料を 10 糎平方の豫め充分煮沸清淨にした乾燥富士絹につゝみて行ひ、密栓の出来る共栓の小形秤量瓶中に液汁を入れ手早く測定を行つたのであつて、遠心分離は、常溫に液を長く放置することにより酸度を變化せしめることとなり、この變化は組織汁の浮遊固形物が與へる誤差より大であること（Loehwing 1930）が知られて居るので採用しなかつた。生の材料を搾汁する場合には豫め小形乳鉢を用ひて充分摺り潰したのであるが、ホウセンクワの莖は極めて容易に粥狀となり、これを氷結法に準じて搾汁測定を行つた。

pH 價の測定には飽和カロメル電極に對する Chinhydron 電極（實驗第一及第二）、又は Hydrochinhydron 電極（實驗第三乃至第五）の電位差を計つて pH 價を求めた。二種の電極を用ひたのは Chinhydron 電極を組織汁に用ひた場合に起る可能性ありと思はるゝ誤差（BILMANN and KATAGIRI 1917, GROSSMAN 1927, SMALL 1929 参照）を慮つたが爲である。尙以上の電氣的方法の外に參考として時々比色法を用ひ對照した。

III. 實 驗 結 果

日長條件とハウセンクワの發育

5 回に亘つて行つた實驗實施の大様並に日長條件と花芽分化期・開花開始期等を表記すれば第 1 表の如くであつて、播種期より花芽分化期に至る日数は播種時期により相當異り、高温な時期には低温の時期に比して概して短く、花芽分化期より開花開始期に至る日数は時期による差は比較的少い。自然日長下のものに比して短日操作を施したものは花芽分化が 5, 6 日早く（播種後 15 乃至 28 日に操作開始）、長日區は 16 乃至 18 日遅れる（播種後 10 乃至 23 日に操作開始）。即ち本材料に於ては典型的短日植物に見られる様な短日による顯著な花芽分化の促進は見られないが自然日長區に比し幾分早められ且花芽分化・開花がより均一に起るのを見た。長日狀態にては著しく分化が遅れ且相當不整一となり着蕾・開花・結實等は他の二區に比して少い。

第 1 表 日長條件とハウセンクワの發育狀態

		播種期	操作開始	花 芽 分化期	播種期より 花芽分化期 に至る日數	開 花 開始期	花芽分化期より 開花開始期 に至る日數
		月日	月日	月日	日	月日	日
實驗 第一 (昭和15年)	自然日長區	5. 3	—	6.12	40	7. 2	20
	日 陰 區	"	5.31	6.12	40	7. 4	22
	短 日 區	"	"	6. 6	34	6.25	19
實驗 第二 (昭和15年)	自然日長區	7. 1	—	7.30	29	8.20	21
	短 日 區	"	7.16	7.25	24	8.14	20
	長 日 區	"	"	8.15	45	9.11	27
實驗 第三 (昭和15年)	自然日長區	4.25	—	5.27	32	6.20	24
	長 日 區	"	5.18	6.13	49	7.12	29
實驗 第四 (昭和16年)	自然日長區	6. 2	—	6.30	28	7.20	20
	長 日 區	"	6.12	7.18	46	8.12	25
實驗 第五 (昭和16年)	自然日長區	7. 3	—	7.26	23	8.16	21

日長 自然日長區：實驗第一（約 13~14.5 時間）、實驗第二（約 11.5~14.5 時間）、
實驗第三（約 13.5~14.5 時間）、實驗第四（約 12~14.5 時間）、
實驗第五（約 12~14.5 時間）

短 日 區：（8 時間）、長 日 區：（20 時間）

次に日長條件と莖の伸長狀態は短日區材料では發育の初期には自然日長區材料と餘り變らないが次第に自然日長區の方が莖長が大となる。自然日長區の花芽分化期より開花期に至る間は莖の伸長が著しく、長日區に比し莖長が明かに大であるが、前者の結實期の伸長生長が緩かとなつた時期にも長日區は依然伸長を續ける爲、發育の末期には長日區の莖長は三區中最も大となる。

實驗 第一

自然日長及日陰に置いたもの並に短日にて花熟を促進せしめたもの、三者の莖及葉に於ける組織汁の [H] の變化經過を追求した。莖は略々中央部に於て上下二部分に分ち、莖長の 10 厘に充

たざる幼少のものはそのまま供試して上部の比較のうちに加へた。

實驗結果を見るに（第2表）發育時期に應じて pH 價の最も明瞭な變化經過を示すものは莖の上部であつて、各區を通じてこの部分の組織汁の $[H^+]$ は幼若期に低く花芽分化期頃並に開花期頃

第2表 日長條件を異にするホウセンクワの發育經過中に於ける各部分組織汁 pH 價の變化（實驗第一）

月日	自然日長區			日陰區			短日區			發育狀態			
	莖		葉	莖		葉	莖		葉	自然日長區	日陰區	短日區	短日區
	上部	下部		上部	下部		上部	下部					
第1回測定	5.31	5.65	5.63	5.65	5.63		5.65	5.63		幼若期	幼若期	幼若期	
2	6.6	5.66	6.08	5.71	5.87		5.62	5.79		幼若期	幼若期	花芽分化期	
3	6.14	5.42	5.47	5.84	5.54	5.58	5.79	5.32	5.42	5.63	花芽分化期	花芽分化期	花蕾期
4	6.26	5.39	5.55	5.44	5.46	5.58	5.55	5.43	5.62	5.44	花蕾期	花蕾期	開花開始期
5	7.12	5.67	5.64	5.44	5.64	5.69	5.53	5.85	6.00	5.55	開花中	開花中	結實期
6	8.22	6.29	5.97	5.49	—	—	—	—	—	—	結實末期	—	—

短日操作開始 5月31日

に高く後再び低くなる。短日區材料では發育經過の促進につれ早く最高に達し又低下も早く起り、従つて發育の初期には他の區に比し酸度高く結實期には低い。日陰區材料は自然日長區材料と殆ど同様の變化經過をとるが一般に酸度が低いものを見る。

莖の下部に於ても上部と略同様の變化を示すが、開花期頃までは一般に上部に比し $[H^+]$ は低いが、發育の末期の果實の熟する頃には上部の $[H^+]$ が著しく低下する爲下部の方が大となる傾向が見られる（自然日長區）。

葉にては各區共發育の初期には酸度は莖に比し相當低いが、次第に大となり開花開始期頃には莖の酸度に接近し、結實期には幾分低下するが莖に比し低下の程度が小である爲この時期には莖よりも大となる。

實驗第二

實驗第一に於て $[H^+]$ は花熟期に高まり、花熟の促進につれてこの増大が早く起ることが判つたので、次に本實驗に於ては長日條件の下に置いて花芽分化を遅延せしめた場合の變化經過如何を自然日長區及短日區材料及比較して追求することにした。材料の取扱は實驗第一と同様である。

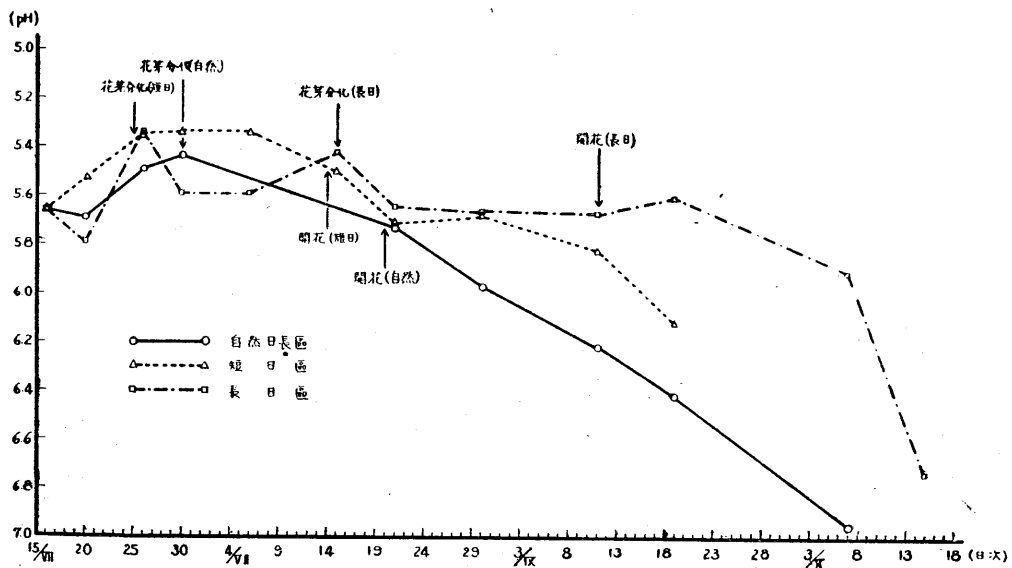
その結果は第3表・第1圖に示す如くであつて、莖の上部が實驗第一と同様に最も明瞭に發育に依る變化を示し、自然日長區・短日區共に $[H^+]$ は花芽分化期頃最高を示し開花開始期には幾分これより低いが以後結實期には急激に減少する。短日にて發育を促進せしめた場合には花熟の促進と共に $[H^+]$ が高められる。長日の下にて花芽分化を遅延せしめた場合一時 $[H^+]$ は増大するが後低下して自然日長區・短日區に比して低い酸度を示す。而して後再び増大して花芽分化期に到達し、結實期には顯著な減少を示すこと自然日長區・短日區と同様である。

莖の下部にては各區共前回の實驗と殆ど同様で、莖の上部と似た變化經過を示すが、その變化の

第 3 表 日長条件を異にするホウセンクワの發育經過中に於ける各部分の組織汁 pH 價の變化 (實驗第二)

第 1 回 測 定	月 日	自然日長區			短 日 區			長 日 區			發 育 狀 態		
		莖		葉	莖		葉	莖		葉	自然日長區	短 日 區	長 日 區
		上部	下部		上部	下部		上部	下部				
1	7.16	5.66	5.79		5.66	5.79		5.66	5.79		幼 若 期	幼 若 期	幼 若 期
2	7.20	5.69	5.62		5.53	5.64		5.79	5.64		幼 若 期	幼 若 期	幼 若 期
3	7.26	5.49	5.60	5.41	5.35	5.39	5.46	5.34	5.57	5.53	幼 若 期	花芽分化期	幼 若 期
4	7.30	5.44	5.71	5.46	5.34	5.41	5.39	5.59	5.67	5.42	花芽分化期	花蕾初期	幼 若 期
5	8. 6	—	—	—	5.34	5.51	5.56	5.59	5.69	5.81	—	花蕾期	幼 若 期
6	8.15	—	—	—	5.50	5.47	5.50	5.42	5.40	5.45	—	開花開始期	花芽分化期
7	8.21	5.73	5.66	5.41	5.71	5.67	5.44	5.64	5.60	5.95	開花開始期	開 花 中	花蕾初期
8	8.30	5.97	5.84	6.47	5.68	5.71	5.54	5.66	5.40	5.51	開 花 中	結 實 期	花蕾期
9	9.11	6.22	6.15	6.18	5.82	5.62	5.41	5.67	5.50	5.40	結 實 期	結 實 期	開花開始期
10	9.19	6.42	6.04	5.27	6.12	5.52	5.29	5.60	5.41	5.19	結 實 期	結實末期	開 花 中
11	10. 7	6.95	6.03	5.46	—	—	—	5.91	5.46	5.32	結實末期	—	結 實 期
12	10.15	—	—	—	—	—	—	6.74	6.41	5.98	—	—	結實末期

日 長 操 作 開 始 7 月 16 日



第 1 圖 ホウセンクワの莖の上部に於ける組織汁水素イオン濃度の變化經過 (實驗第二)

程度が少く、發育の初期には上部に比し酸度低く後には上部より高くなる。

葉に於ては各區共開花期頃までは莖と略同様な變化をなし以後 $[H^+]$ の低下は莖の方が大である爲莖に比して高い傾向が見られる。

實 驗 第 三

以上二回の實驗結果よりしてハウセンクワの熟度の變化による〔H〕の推移は莖の上部により明瞭であるのを知つたのであつてこれは花熟現象に對する莖の上部の体内條件の重要性を示して居るものと考へられる。依つて本實驗に於ては莖の上部のみに就て自然日長區及長日區材料の花芽分化期前後に於ける組織汁の pH 價の變化經過を更に細かく追求することにした。

材料提供上の不覺の誤差をさける爲以前の實驗と上部供試の標準を變へ、莖（主枝）は上部約 5 穗を供試することとし、花蕾期以後は花芽分化が未だ行はれて居ると考へられる莖の頂端部 1 乃至 2 穗を除去した。開花期に近づき着蕾部の長さが 5 穗を超過した場合には莖の上部の一定長さを供試する時は開花・結實等に依る變化が不明瞭となる虞れがあるので、下部の最も發育の進んだ蕾・花乃至果實の着生位置よりその上部約 10 穗を供試した。

實驗結果（第 4 表）に依れば先づ自然日長區に於て〔H〕は幼若期・結實期に低く、花芽分化

第 4 表 日長條件を異にするハウセンクワの發育經過中に於ける莖の上部の組織汁 pH 價の變化（實驗第三）

	月日	自然日長區	長日區	發 育 狀 態	
				自然日長區	長・日 區
第 1 回測定	5.18	5.77	5.77	幼 若 期	幼 若 期
2	5.22	5.96	5.91	幼 若 期	幼 若 期
3	5.26	5.59	5.79	幼 若 期	幼 若 期
4	5.28	5.71	5.84	花芽分化期	幼 若 期
5	5.31	5.93	5.89	花 蕾 初 期	幼 若 期
6	6. 5	5.63	5.48	花 蕾 期	幼 若 期
7	6.10	5.68	5.80	花 蕾 期	幼 若 期
8	6.14	5.72	5.72	花 蕾 期	花芽分化期
9	6.20	5.61	5.56	開花開始期	花 蕾 初 期
10	7. 1	5.63	5.59	開 花 中	花 蕾 期
11	7.23	6.00	—	結 實 末 期	—

長 日 操 作 開 始 5 月 18 日

期・開花期に高いこと實驗第一及第二と同様であるが、花芽分化期と開花期との間を細かく測定し見てた結果花蕾期に一度〔H〕の低下する時期が見られた。

自然日長區材料の花芽分化期並にその前後の〔H〕の大なる時期には、この時に未だ幼若期にある長日區材料は自然日長區より明かに〔H〕は低いが、前者の幼若期に一時後者より大である時期がある。長日區に於ては一度明かな増大を示した〔H〕が一旦低下し、これが再び増大した時に花芽分化期があること實驗第二と同様である。

實 驗 第 四

花熟現象の局所性に注目し本實驗に於てもやはり莖の上部を供試したが、今度は頂端部より一定の節數を含む様に供試した。しかしハウセンクワにては葉が對生となつて居ないので比較的接近

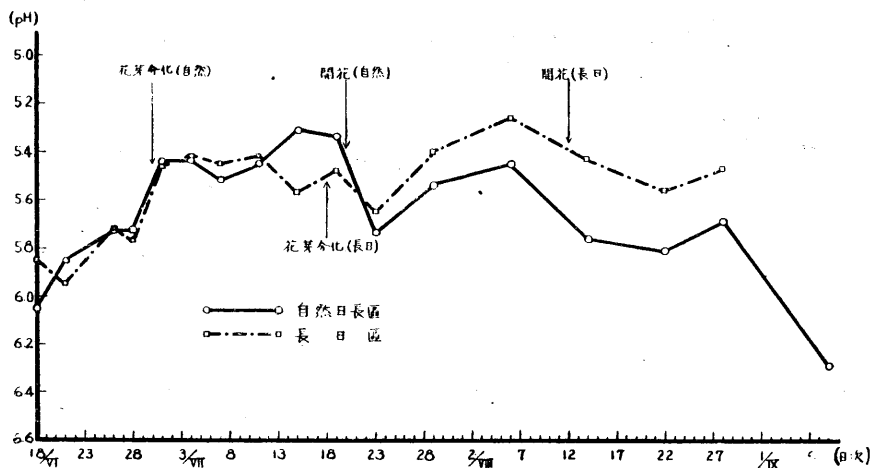
した葉と葉との間とその次の接近した葉と葉との間とを一節と数ふることとし、先端より節間が 1 穂以上の長さのものを 2 節を含む様供試した。その長さは莖の先端部より約 3 穂乃至 6 穂であつたが大部分の場合は 5 穂前後であつた。但し開花期以後には上部のみを供試する時は發育による變化が不明瞭となる虞れがあるので最も發育の進んだ蕾・花・果實等の着生位置よりその上方約 10 穂を供試し、花蕾期以後は頂端部の極く若い部分約 2 穂を除去した。

測定成績は第 5 表・第 2 圖の如くであつて既述の實驗結果と殆ど同様に、自然日長區にては幼

第 5 表 日長條件を異にするハウセンクワの發育經過中に於ける莖の上部の組織汁 pH 價の變化(實驗第四)

	月日	自然日長區	長日區	發 育 狀 態	
				自然日長區	長 日 區
第 1 回測定	6.18	6.05	5.85	幼 若 期	幼 若 期
2	6.21	5.85	5.95	幼 若 期	幼 若 期
3	6.26	5.73	5.72	幼 若 期	幼 若 期
4	6.28	5.73	5.77	幼 若 期	幼 若 期
5	7. 1	5.44	5.46	花芽分化期	幼 若 期
6	7. 4	5.44	5.42	花 蕾 初 期	幼 若 期
7	7. 7	5.52	5.45	花 蕾 期	幼 若 期
8	7.11	5.45	5.42	花 蕾 期	幼 若 期
9	7.15	5.31	5.57	花 蕾 期	幼 若 期
10	7.19	5.34	5.48	開花開始期	花芽分化期
11	7.23	5.74	5.65	開 花 中	花 蕾 期
12	7.29	5.54	5.40	開 花 中	花 蕾 期
13	8. 6	5.45	5.26	開 花 中	花 蕾 期
14	8.14	5.76	5.43	結 實 期	開花開始期
15	8.22	5.81	5.56	結 實 期	開 花 中
16	8.28	5.69	5.47	結 實 末 期	開 花 中
17	9. 8	6.29	—	結 實 末 期	—

長日操作開始 6月12日



第 2 圖 ハウセンクワの莖の上部に於ける組織汁水素イオン濃度の變化經過(實驗第四)

若期に小で次第に増大し花芽分化期頃一時大となり、花蕾期には低下の傾向を示す時期があるが開花期に再び大となり第二の頂點に達し結實期には顯著な減少を示す。幼若期の最初の〔H〕が以前の實驗に比し著しく低いのは本實驗にては他に比し一層若い時期より測定を始めた爲であらう。

長日區に於てもやはり幼若期に低く自然日長區と略同様に増大し一時後者より高くなり、一旦減少して再び幾分増大した時期に花芽分化期があり、又花蕾期のうちに一時低下する時期がある。後開花期に高く以後は減少の傾向を示す。これ等の變化は實驗第二及第三と略同様である。

自然日長區材料の〔H〕の變化と長日區のそれとを圖示によつて見るに（第2圖）その増減の様がよく似て居るのが見られる。前者の花芽分化期の増大期頃に後者にも類似の増大を見るが、之は長日區では花芽分化を抑制せられてはゐるが矢張り體內舞台的（纈纈 1940, 1941）には或る程度まで自然日長區と同様の事情が成立しつゝあつた事を示すものと考へられる。又自然日長區の開花期の増大期頃に長日區の花芽分化期の増大期が来る爲曲線の經過が同様となり両者が稍平行的増減をなす様に見えるものと考へられる。茲に留意すべきは〔H〕は外界條件によりても支配されるから、同一時期に測定した二區はその時の外界條件の影響により同一方向に〔H〕が變化させられることがあるといふことである、しかしこの同一方向の〔H〕の變異を受けるに拘らず發育相の變化による酸度の推移は同一時刻に材料を採取測定すれば特に明かに見られる（HURD 1924）とせられて居る。本實驗の場合兩日長區の酸度の變化經過が似て居たのは、兩區の各測定時期に於ける日長以外の同一外界條件の影響による同一方向の變化の爲のみとは考へられず、既述の如く兩區の發育經過に伴ふ内在的理由による増減期が時期的に略一致したのに依ると思はれる。

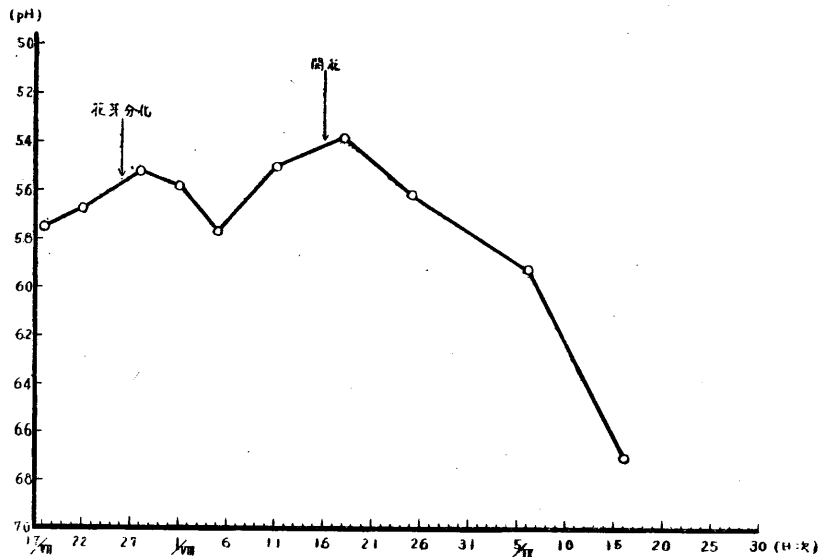
實驗 第五

本實驗に於ては〔H〕測定用の組織汁は材料採取直後摺り潰して搾汁し直ちに測定に供した。即ち一旦氷結した材料より得た組織汁の〔H〕の變化經過と生の材料のそれとを比較せんが爲に行つたものであつて、自然日長下に置いた材料について莖の上部を莖長の約 1/3 を供試した。而して莖長 10 ㎝に充たざる幼少な材料では全部を供試し上部の比較のうちに加へた。

實驗結果によれば（第6表・第3圖）既述の實驗の自然日長區に於ける〔H〕の變化經過と殆ど

第 6 表 ホウセンクワの發育經過中に於ける莖の
上部の組織汁 pH 價の變化（實驗第五）

	月日	自然日長區	發育狀態
第 1 回測定	7.18	5.75	幼 若 期
2	7.22	5.67	幼 若 期
3	7.28	5.52	花芽分化期
4	8. 1	5.58	花 蕾 初 期
5	8. 5	5.77	花 蕾 期
6	8.11	5.50	花 蕾 期
7	8.18	5.38	開花開始期
8	8.25	5.61	開 花 中
9	9. 6	5.92	結 實 期
10	9.16	6.70	結 實 末 期



第 3 圖 ホウセンクワの莖の上部に於ける組織汁水素イオン濃度の變化經過—自然日長（實驗第五）

同じであつて、一旦氷結した材料より得た組織汁にても生のそれにてても pH 價の變化の模様は略同様であるのを知つた。

IV. 考 察

以上の實驗成績を通覽するに、ホウセンクワの發育中に於ける組織汁の $[H^+]$ の變化經過は莖の上部・下部及び葉に於て略同様であるが、熟度による變化が最も明瞭に見られるのは花芽分化・開花・結實等の直接起る莖の上部であつて、これは組織粉末比重・含水量・細胞液濃度等の變化も莖の上部に最も判然として居るといふ事實（田口 1941）と共に、本材料に於ける花熟現象に伴ふ體內舞台相（綱嶺 1940, 1941）の局所性を示すものと解される。依つて以下主として花熟に最も關係する莖の上部の酸度の變化について考察を進めることとする。

自然日長・短日・長日の各區材料を通じて大體に於て幼若期に $[H^+]$ は低く花芽分化期・開花期には明かな増大を示し以後は再び次第に低下する。而して短日操作によつて花熟が促進せられた場合はこの増大がこれに伴つて早く起る。これ等の事實は、植物體が花熟に入るといふことはその組織の $[H^+]$ が高まるといふことと相伴ふものなることを示して居るものと考へられる。從來の知見に依れば（GARNER, BACON and ALLARD 1924, 宗・小林・廣瀬 1927, HURD KARRER and DICKSON 1934）長日植物を短日に置いて營養生長狀態を保たしめる場合には植物體の組織汁の $[H^+]$ は低く、これを長日にし又は短日植物を短日にして花熟を促進せしめた場合には高まるのであつて、本研究の結果と共に花熟と $[H^+]$ の増大と相伴ふことを示して居る。

本研究に使用したホウセンクワでは花芽分化期頃に一時増大した $[H^+]$ が花蕾期に一旦低下し開花期に再び高まるのが一般的傾向として見られたのであるが、この二つの高酸度點は恐らくその意味を異にして居るものと考へられる。先づ花芽分化に伴ふ高酸度は莖の營養生長が進むにつれ次第に高まつて來た $[H^+]$ が生殖生長への移り變りと共にこゝに一つの頂點が形作られるものと

考へられる。これは生長に伴つて次第に呼吸作用が高まつて來て 花芽分化期頃に一時一つの頂點に達し、これと $[H^+]$ の増大が或る程度伴つて居るのに依るのではなからうかと考へられる (額嶺 1936 参照)。LEMMON (1936) 氏に依れば 馬鈴薯の組織の小片を pH 0.5 の間隔を有する廣い範圍の pH 價の緩衝液に浸した場合 (4 時間—8 時間), pH 8 より pH 4.5 までの間は緩衝液の $[H^+]$ を増すに従ひ次第に呼吸作用が大となるといふ。EMERSON and LOWELL (1938) 兩氏は *Chlorella* の細胞を pH 4.6 の緩衝液中に入れた場合と pH 7 又は 8.9 の液に入れた場合とでは、呼吸作用は前者が後者の 30 % 大であり、細胞内部の $[H^+]$ も恐らく變化を受けて居るものであらうとなした。これ等の事實は呼吸作用と組織の $[H^+]$ と密接なる關係あるを示して居るものと解される。又 Elger 氏 (1937) は彼の實驗結果及び Ruzicka 氏の理論的考察に基いて、若い組織に於ける酸の蓄積は新陳代謝特に異化作用が高まつたことを意味するとなした。花芽分化期頃に於ける組織の物質充實と旺盛なる組織分化に伴ふ新陳代謝の増大も呼吸作用の増大と連關して此の時期に於ける酸度の増加に關與して居るものと思はれる。ハウセンクワが花熟期に入ると共に特に莖の上部に物質の充實が起ることはその部分の粉末比重の増大 (佐野・田口 1941, 田口 1941) 細胞液濃度の上昇 (田口 1941) 等に依つても推定される。植物組織の同化物質の多寡と $[H^+]$ との關係に就ては、GUSTAFSON 氏その他によれば トウロウサウの $[H^+]$ は晴天の日の翌朝は曇天の日の翌朝よりも大であるといふこと (SMALL 1929, p. 126—127), 又長く 暗黒中に置いた場合 始めのうちは pH 價が低下するが後再び大となり (GUSTAFSON 1925) この pH 價の低下は前日の天氣に左右されること (SMALL 1929 p. 127) 等に依つて窺はれる。

日長効果の生理に就ては開花前に酸度が變ることは既に廣く認められて居るところである (吉井 1929 参照)。又 REA and SMALL 兩氏 (1927) は草本及木本の數種類の植物の莖に於て夏期に韌皮部・表皮・内表皮等の組織の $[H^+]$ が一時増大する時期があり、これが開花期に關連して居るとなし、灌木にて枝を剪定して開花させないでもこの $[H^+]$ の増大が見られ、これは開花に對する準備又は開花期に伴ふ變化であると考へた。本實驗の場合に於ては既述の如く開花期に於ける高酸度は第二回目の高酸度點として現れて居り花芽分化期頃の第一回目のそれとはその成立を異にし含水量の減退に伴ふ相對的の $[H^+]$ の増大が少なからず之に關與して居ると考へられる。即ちハウセンクワの莖の含水量は開花期に入ると共に著しく減少し (田口 1941), これがこの時期に於ける $[H^+]$ の増大に對して少くとも一半の關與を持つものと認められる。植物の組織汁は緩衝作用を有するのであるが、含水量の影響を相當に受けることは次の諸業績よりも窺はれる。即ち HURD 氏 (1924) は小麥の成熟期には $[H^+]$ は明かに増大し、これと滴定酸度の増大とは相伴ふことを示して居り、この酸度の上昇は穂の形成や穀粒の發達よりも乾燥速度と關連して居ると考へた。一方一般に窒素肥料の施用は植物體の $[H^+]$ を低めるとされて居り (MIYAKE and ADACHI 1924, DITTRICH 1931, 西門・松本 1936, HURD-KARRER 1939), PEARSALL and EWING 兩氏 (1929) は二三の作物にて窒素を施用した場合には含水量が増大し搾汁の pH 價が大となるのを見、 $[H^+]$ の低下により原形質コロイドの膨潤を來させることが含水量が大となる一原因となした。これ等の場合に於ける pH 價の増大が含水量の直接の影響でないにしても兩者が互に關連して居ることを示して居る。

含水量は又細胞液濃度に少なからず影響し含水量が減退すれば濃度は高まるのであるが（例へば REED 1921），HURD 氏（1923 b）は玉蜀黍にて細胞液濃度（比重）が著しく高い場合にはその $[H^+]$ も又高くなるのを認め、 $[H^+]$ も組織の水分關係に時として相當支配されると考へた。又宗・小林・廣瀬三氏（1927）はホウレンサウ、大麥に於て細胞液濃度（滲透壓）と $[H^+]$ との間に密接な關係があり、前者が上昇すれば後者もこれと殆ど平行的に上昇するのを認めた。ホウセンクワの莖の細胞液濃度（組織汁の屈折率及表皮細胞滲透壓値による）（田口 1941）はやはり開花期に著しく増大して居るのが見られる。

そこで開花期の $[H^+]$ 及細胞濃度或は屈折率の上昇が含水量減退により相當當支配されて居ることを實驗的に推定する一助として、乾燥組織粉末の一定容積をとりその容積の一定倍數の水にて浸出しその液の屈折率を測定した結果によると、花芽分化期頃の材料よりの浸出液は明かに大であるが、開花期には顯著な増大が見られない（詳しくは後報の豫定）。粉末浸出液の濃度の場合には含水量の多寡の影響が除去されて居るのであり、開花期の組織汁の屈折率の増大は相當含水量の影響を受けて居ることが示されて居ると考へられる。組織汁の $[H^+]$ は屈折率程の直接的な影響は受けず又細胞液濃度の上昇が相伴ふ場合に遊離酸及その溶解性鹽類が與つて力あるものとしても（宗・小林・廣瀬 1927）、細胞液濃度と同方向の支配を或る程度受け、本實驗の場合に於ける開花期の $[H^+]$ の増大はこの時期の組織の含水量激減の影響を餘程受けて居るものと思はれる。

長日區に於てはその花芽分化期頃の増大に到る前の幼若期のうちに、自然日長區の花芽分化期頃に一時高酸度期があるのを見たが、此點自然日長區・短日區等と趣を異にして居る。これは恐らく成熟に伴ひ酸度の上昇を來しつつあつたものが長日操作の爲花熟に入ることを抑制され再び營養生長にもどる爲の異常的新陳代謝によるものと考へられる。HURD-KARRER 氏（1929）は秋播性の小麥を高溫にて栽培して出穂を抑制した場合著しく酸度が高まるのを見た。GARNER, BACON and ALLARD 三氏（1924）に依れば短日植物を長日狀態に置いて營養生長を行はしめる時は植物體特に莖の上部の酸度は次第に増大し、秋に短日になることにより又夏の長日の時期に之を短日に移すことにより酸度が一時急に低下するものとなした。而して氏等はこの急激な $[H^+]$ の低下を營養生長より生殖生長への移り變りと考へた。之は恐らく本實驗の場合の長日操作材料に於ける花芽着生期前に於ける酸度の一時的低下の事實と同一の現象を取上げての言説と思はれるのであり、その後の酸度の上昇こそ營養生長より生殖生長への移行に伴ふものなる事を見逃してゐるものと思はれる。

日陰區の材料は自然日長區・短日區のそれに比し一般に酸度が常に低い傾向が見られたが（實驗第一）、これは組織の充實度・物質代謝の低下などに由來する外含水量が日陰區が他に比し著しく大であつた（第1回測定より第4回測定までの含水量の平均：自然日長區—12.24 g/cm³，短日區—13.83 g/cm³，日陰區—15.30 g/cm³）こともその理由の一つに考へられる。

以上の考察から組織汁の $[H^+]$ と發育狀態との關係を總括すれば、 $[H^+]$ は發育の初期の營養生長の時代には低く花熟期になると共に高價を示し其後結實期に入るに及んで顯著に降下するが、途中花芽分化期と開花期との二回の頂點を示し、此處に二頭の曲線を示すこととなるが花熟に伴ふ高

價期は主として前者にあり、後者は多分に含水量の顯著なる低下に由來する受身的な上昇であるらしい。長日操作材料に見られる花芽分化期前に於ける一時的な高價期の出現は一時の異常現象と認められる。而して與へられた植物の花熟には最適の pH 價の範圍があるものゝ如く（近藤 1932 参照）、本研究に於て莖の上部の pH 價を見るに、花芽分化期に於ては大部分の場合 pH 5.4 から pH 5.6 の間にある。各實驗を通じて花芽分化期に確然と同一時期に材料をとり、その供試も同一標準により、pH 價測定法も同一とすれば尙この最適の pH 價の範圍はせばめられるものと考へられる。短日操作により莖の上部の水素イオン濃度の増大が早められると共に花熟期が早められ長日操作によりこの増大が遅らされるに相伴つて花熟期が遅延するのが見られた。

V. 總 括

實驗材料としてホウセンクワを用ひ幼植物の時期より自然日長、短日（8 時間）、長日（20 時間）下に置き其の發育經過中特に花熟に伴ふ組織壓搾汁（組織汁）の水素イオン濃度の變化を追求した。

1) 花芽分化は短日操作に依つて 5, 6 日早められ且整一となり、長日操作により 16 日乃至 18 日遅延し而も不整一となる。莖長は長日區が結局最大となり短日區が最小であるが、結實は前者が最も少く自然日長區が最も大であつた。

2) 組織汁の壓搾前の豫措は主として氷結法により、又生の材料を摺り潰して搾汁する方法も採用し、一方 pH 價測定には Chinhydron 電極又は Hydrochinhydron 電極を用ひたが、何れに依るも發育に伴ひ水素イオン濃度は略同様の變化經過を示した。

3) 發育に依る組織汁の水素イオン濃度の變化は莖の上部・下部・葉等に於て略似て居るが、最も明瞭なのは花芽形成・開花・結實等の直接起る莖の上部であつて、これは莖の上部に成立する體內生理條件が花熟に最も密接に關係することを示すものと考へられる。

4) 自然日長區に於ては莖の上部の水素イオン濃度は幼若期に低く花芽分化期頃一つの頂點に達するが花蕾期に一旦低下、開花期には再び増大し第二回目の頂點に達し結實期には著しく低下する。短日條件の下に花熟を促進せしめる時は總ての經過が早められ、長日區材料にては總ての經過が遅れて起る。

5) 花芽分化期頃に於ける水素イオン濃度の頂點と開花期に於けるそれとは成立を異にするものと考へられ、前者は營養生長の進行と共に次第に高まつて來た水素イオン濃度が生殖生長への移行と共に茲に一つの頂點が作られるのに依り、之にはこの時期に於ける組織の物質充實と旺盛なる組織分化に伴ふ新陳代謝乃至呼吸作用の増大とが關與して居るものと推定される。開花期に於ける二度目の増大は此の時期に於ける組織の含水量激減に由來する相對的の増大が少なからず關與して居るものと考へられ、これは組織粉末の加水浸出液液に於ける屈折率の測定成績によりても裏書きされる。

6) 長日區に於ては花芽分化前の幼若期のうちに一時顯著な増大期が認められるが之は自然日長區・短日區と趣を異にする點であつて、この増大は恐らく花芽分化へと正常に進行せんとする成熟作用が長日操作により抑制される爲に潜在的に進行した異常なる新陳代謝に依るものと考へられる。

7) 以上の結果を綜合するに 莖の上部即ち着花部の水素イオン濃度は幼若期に低くこれが次第に増大して花熟期に到達し結實期に入りて降下し途中花芽分化期と開花期との二回の頂點を示し此處に二頭曲線的經過を採る。而して花熟には或る最適の pH 價の範圍がある様に思はれ、本實驗に於ては花芽分化期頃のホウセンクワの莖の上部の組織汁は大部分 pH 5.4 から pH 5.6 の間にあつた。而して短日操作により莖の上部の水素イオン濃度の増大が早められると共に花熟期が早められ、又長日操作によりこの増大が遅らされるのこ花熟期の遅延さが相伴つて居るのを見た。

VI. 引 用 文 獻

1. BILMANN, E. and H. KATAGIRI. (1927). Influence of glucose, alcohol and carbon dioxide at barometric pressure on the pH values of phosphate and carbonate solutions determined by means of hydroquinhydrone electrodes. *Biochem. Jour.* **21**: 441-455.
2. DITTRICH, W. (1931). Zur Physiologie des Nitratsatzes in höheren Pflanzen (unter besonderer Berücksichtigung der Nitratspeicherung). *Planta* **12**: 69-119.
3. ELGER, L. (1937). Zur Bedeutung von Reaktionsveränderungen des Presssafftes während der Entwicklung von Pflanzenorganen. *Biologia Generalis* **12**: 422-436. (*Bot. Ztbl. N. F.* **31**: 128, 1938).
4. EMERSON, R. and G. LOWELL. (1938). Effect of hydrogen-ion concentration on *Chlorella* photosynthesis. *Plant Physiol.* **13**: 157-168.
5. GARNER, W. W., J. E. McMURTRY, C. W. BACON and E. G. MOSS. (1923). Sand drown, a chlorosis of tobacco due to magnesium deficiency, and the relation of sulphates and chlorides of potassium to the disease. *Jour. Agr. Res.* **23**: 27-40.
6. GARNER, W. W., C. W. BACON and H. A. ALLARD. (1924). Photoperiodism in relation to hydrogen-ion contraction of the cell sap and carbohydrate content of the plant. *Jour. Agr. Res.* **27**: 119-156.
7. GROSSMAN, F. (1927). The use of the hydroquinhydrone electrode for pH determination in the fluids of the organism. *Biochem. Jour.* **21**: 267-271.
8. GUSTAFSON, F. G., (1925). Diurnal changes in the acidity of *Bryophyllum calycinum*. *Jour. Gen. Physiol.* **7**: 719-728.
9. HAAS, A. R. C. (1920). Studies on the reaction of plant juice. *Soil. Sci.* **9**: 341-368.
10. HURD, A. M. (1933) a. Hydrogen-ion concentration and varietal resistance of wheat to stem rust and other disease. *Jour. Agr. Res.* **23**: 373-386.
11. HURD, A. M. (1923) b. Acidity of corn and its relation to vegetative vigor. *Jour. Agr. Res.* **25**: 457-469.
12. HURD, A. M. (1924). The course of acidity changes during the growth period of wheat with special reference to stem-rust resistance. *Jour. Agr. Res.* **27**: 725-735.
13. HURD-KARRER, A. M. (1929). Relation of leaf acidity to vigor in wheat grown at different temperatures. *Jour. Agr. Res.* **39**: 341-350.
14. HURD-KARRER, A. M. and A. D. DICKSON (1934). Carbohydrate and nitrogen relations in wheat plants with reference to type of grown under different environmental conditions. *Plant Physiol.* **9**: 533-565.
15. HURD-KARRER, A. M. (1939). Hydrogen-ion concentration of leaf juice in relation to environment

- and plant species. Amer. Jour. Bot. **26**: 834-846.
16. 嶺嶺理一郎 (1936). 日長効果問題の現状 (1-3). 農業及園藝 **11**: 539-545, 751-760, 1011-1022.
 17. 嶺嶺理一郎 (1940). 植物綜合生理から見た體內舞臺. 農業及園藝 **15**: 1069-1076, 1283-1290.
 18. 嶺嶺理一郎 (1941). 體內舞臺性能學の提唱. 農業及園藝 **16**: 639-642, 823-826, 1017-1021.
 19. 近藤万太郎 (1932). フォトペリオヂズムに就きての考察. 農業及園藝 **7**: 1835-1846, 2041-2051.
 20. LEMMON, P. (1936). Respiration of potato tissue in relation to hydrogen-ion concentration of a surrounding solution. Amer. Jour. Bot. **23**: 296-302.
 21. LOEWING, W. F. (1930). Effects of insolation and soil characteristics on tissue-fluids reaction in wheat. Plant Physiol. **5**: 293-305.
 22. MIYAKE, K. and M. ADACHI (1924). On the influence of three manual ingredients upon the hydrogen ion concentration of the cell sap of oats and flax. Jour. Biochem. **4**: 317-321.
 23. 西門義一, 松本弘義 (1936). 稻熱病に對する稻の對病罹病に關する考察. 農學研究 **26**: 1-45.
 24. 野田幸猪 (1936). 台灣甘藷品種の分類と其開花生理に關する研究. 台北農林學會報特報 **1**: 200 pp.
 25. PEARSALL, W. H. and J. EWING. (1929). The relation of nitrogen metabolism to plant succulence. Ann. Bot. **43**: 27-34.
 26. REA, M. W. and J. SMALL. (1926). The hydrogen ion concentration of plant tissues. II. Flowering and other stems. Protopl. **1**: 334-344.
 27. REA, M. W. and J. SMALL (1927). The hydrogen ion concentration of plant tissues. VI. Stem tissue reactions throughout the year. Protopl. **2**: 428-459.
 28. REED, H. S. (1921). Growth and sap concentration. Jour. Agr. Res. **21**: 81-98.
 29. REED, H. S. and F. F. HALMA. (1926). Further observations on the relations between growth and sap concentration in citrus trees. Jour. Agr. Res. **32**: 1177-1195.
 30. SINGH, B. N. and S. N. SINGH (1939). Photoperiodism and the phasic development of *Crotalaria juncea*. Proc. Indian Acad. Sci., Sect. B. **9**: 323-330. (Ber. üb. wiss. Biol. **52**: 456, 1940).
 31. SMALL, J. (1929). Hydrogen-ion concentration in plant cells and tissues. (Protoplasma-Monographien II), Berlin.
 32. 佐野正雄, 田口亮平. (1941). 短日操作によるホウセンクワの乾燥物質及含水量の變化に就いて. 植物學雜誌 **55**: 131-139.
 33. 宗正雄, 小林彌吉, 廣瀬大五郎. (1927). 植物の開花結實に就て. 農業及園藝 **2**: 117-130.
 34. 田口亮平. (1941). ホウセンクワの發育經過中特に花熟に伴ふ組織粉末比重, 含水量並に細胞液濃度の變化. 九大農. 學藝雜誌. **9**: 493-511.
 35. 吉井義次 (1929). 日の長短が植物の開花結實に及ぼす影響に就て. 農業及園藝 **4**: 265-272, 345-408.

PHOTOPERIODISCHE VERÄNDERUNGEN DER
WASSERSTOFFIONENKONZENTRATION DES
PRESSSAFTES DER PFLANZENGEWEBE

(Zusammenfassung)

Ryohei TAGUCHI

Es wurde an *Impatiens Balsamina*, die bei verschiedenen Tageslängen aufgezogenen waren, die Wasserstoffionenkonzentration des Presssaftes von Stengeln und Blättern mittels der Chinhydron- und Hydrochinhydronelektrode bestimmt. Ein beinahe gleichsinniger Verlauf der Veränderungen der pH-Werte während der Entwicklung wurde sowohl an verschiedenen Teilen des Stengels als auch am Blatt konstatiert. Weil aber diese Veränderung am oberen Teile des Stengels, wo die Blütenknospen gebildet werden, besonders klar stattfindet, sind in folgenden die Ergebnisse an demselben Teile allein erwähnt.

Die Wasserstoffionenkonzentration des Presssaftes der bei normaler Tageslänge gezogenen Pflanzen nimmt allmählich zu, um eine hohe Konzentration in der Blühreifeperiode zu erreichen, und dann sinkt zeitweilig in der Vergrösserungsperiode der Blütenknospen herab. Die Konzentration steigt wieder in der Blühperiode bis zum zweiten hohen Punkt, indem sie nachher, dem Fortschritt der Fruchtentwicklung gemäss, abnimmt. Die erste Erhöhung verknüpft vielleicht mit der Verschiebung der inneren gewebephysiologischen Verhältnisse von vegetativen Phase zum Blühreifezustand. Dagegen mag die zweite gefundenen in der Blühzeit aller Wahrscheinlichkeit nach hauptsächlich durch die Wassergehaltsverminderung im betreffenden Teile des Stengels verursacht sein.

Die 8-stündige Kurztagbehandlung, bei der die Bildung der Blütenknospen um etwa 5—6 Tagen gefördert wurden, beschleunigt dementsprechend den oben erwähnten Veränderungsverlauf der Wasserstoffionenkonzentration.

Die Versuchsmaterialien reagierten auf die 20-stündige Langtagbehandlung mit verzögertem Eintreten der reproduktiven Phase um etwa 16—18 Tagen. Die Kurve der Wasserstoffionenkonzentration verläuft auch bei diesem Falle ähnlich wie die der unter den normalen Tagesbedingungen gezogenen Materialien, abgesehen davon, dass derselbe Verlauf gesetzmässig der Verlängerung der Vegetationsperiode entsprechend sich verzögert, und eine zeitliche Erhöhung bevor dem hohen Punkt begleitet der Blühreife bemerkbar ist. Diese besondere Erhöhung der Wasserstoffionenkonzentration während der Vegetationsperiode ist wahrscheinlich durch eine abnormale Wirkung des Langtages

bedingt, wodurch die für Blühreife verantwortliche Verschiebung der inneren gewebephysiologischen Verhältnisse wieder in den Zustand des Vegetativenwachstums zurückversetzt wird.

Die gefundenen pH-Werte des Presssaftes der bei verschiedenen Tageslängen aufgezogenen Materialien lagen am Beginn der Blütenknospenbildung meistens zwischen 5.4 und 5.6.

(Botanisches Institut, Kyushu Kaiserliche Universität)