

攀纏植物の機巧に就いて

鈴木, 清太郎
九州帝國大學農學部

長澤, 武雄
九州帝國大學農學部

大森, 福義
九州帝國大學農學部

<https://doi.org/10.15017/20743>

出版情報：九州帝國大學農學部學藝雜誌. 2 (3), pp.155-168, 1927-04. 九州帝國大學農學部
バージョン：
権利関係：



原 著

攀纏植物の機巧に就いて¹⁾

(豫 報)

鈴木 清 太 郎

長 澤 武 雄

大 森 福 義

(第一圖版附)

(昭和二年一月十二日受領)

1. 緒 言

攀纏植物の研究は至つて古く、²⁾

DARWIN の“Endonom”と考ふる説を初めとして GRADMANN の新機械觀に至る迄その文獻枚舉に遑がない。その中主たるものを掲ぐるときは先づ三つに分別される

- (1) 本質的と考ふるもの
- (2) 外界の刺激 (Irritabilität) に因ると考ふるもの
- (3) 幾何學的、力學的に因るものとするもの

その中にも半ば本質的、半ば刺激と考ふる説もある。本質的と考ふるものにも種々ある。攀縁するのを本質と考ふるもの、又更に細く考へて向日性、反向日性、向側地性、を必要と考ふるもの。又力學的に考へる方では重力のために斯くの如き現象が現はるとするもの、生長の速度が兩側に於て異つて居るとするもの等である。GRADMANN はこれを更に機械的、解析的に考へて説明の可能なることを述べて居る。單なる刺激によるにあらざることは多くの實驗によつても云へるし、更に後に説く著者等の實驗によりても云へる。向日、反向日性に對しても、暗室に於ては攀ぢず、水平以下に傾いても攀ぢる植物がある事柄からして、非常に説明に困難なことがある。

1) 大正十五年 (1926) 九月二十九日農學讀書會に於て讀む

2) 結末の文獻を見よ

然し以上の説を通じて見らるべき事は議論の多くが定性的で定量的でなく、假令實驗に於ては時に多少定量的なものがない事はないがそれを綜合する理論といふものがない。

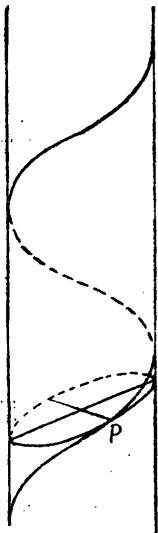
現在に至る迄唱へられた諸説の是非、批評は他日詳細に發表することにして今は簡単に著者等がある考への下に行ひたる實驗とその結果とを申し述べる事にする。

嘗て著者の一人が同僚の一人に、植物が支柱に沿ひて攀ち昇るときに、その半径によつて巻き方が如何に變るかを尋ねられたことがあつた。此の答は簡単に直ちに得らるるものではなく、何か一つの假定を作らなければならない。今著者が選んだ假定は次の如きものであつた。

2. 理 論

“攀援植物の攀ち登る莖の造る曲線の曲率半径は支柱の太さに無關係であつて常に一定である”。斯く假定することによつて更に攀ちる性質を内部的とすることになつた。

Fig. 1. 今 r の半径を持つている支柱を h といふ歩み (Pitch) で攀ち登る螺旋



形の植物をとつて考へる。

P 點に於ける螺旋曲線の曲率半径を定むるために、 P 點に於ける切線とその點を通る半径とを含む平面を取り、この平面が支柱と切合つて生ずる橢圓の方程式を求むれば

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1.$$

である。此處で $a = r \tan \theta$, $b = r$ 但し θ は切斷面の傾角とする。

曲率半径を ρ とすれば P 點に於ては

$$\rho = - \frac{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}}{\frac{d^2y}{dx^2}} = r \tan^2 \theta = \frac{h^2}{4\pi^2 r}$$

假定によつて ρ を一定するから

$$\frac{h^2}{r} = \text{常數}$$

で拋物線となる。

3. 實 驗

著者等の實驗に用ゐた植物はアサガホ (*Pharbitis Nil*, CHOIS), ヨルガホ (*Ipomoea Bona-*

nox, L) ツクネイモ (*Dioscorea tennipes*, FRANCH. et SAV) 及びルカウサウ (*Quamoclit vurgalis*, CHOIS) の四種であつて全て左旋¹⁾である。この中特にアサガホを詳細に取調べた。栽培は鉢の中でし、肥料は一回油粕を稀釋して用ひ、大正十五年四月十八日に播種五月一日より五月十日の間に發芽し、實測は七月十一日より七月十六日までを終へた。支柱はヒノキを多く用ゐ、硝子、鐵、眞鍮をも併せ用ゐた。

莖の螺旋の歩みは全徑を通じて一定とは云ひ難い。下端と上端とで値が異つてゐるからまづこれを吟味する必要がある。今これ等に就いて測定した結果を掲げると次の通りである。但し歩みが支柱の上下に因つて如何に相違するかを見るのが目的であつたから同一種類の木の支柱ばかりを選び且つ朝顔の場合のみをとつた。

Table 1. Pitch and length of stem.

表 1. 各莖に就ての五粒米毎の歩みの變化

Diameter of support (cm.) Length of Stem (cm.)	0.75	0.79	0.82	0.88	1.56	1.56	2.23	2.23	2.99	3.00	5.92	5.96
5		85			91	156	165		211	141	224	
10	105	83	135		95	152	158		200	140	224	164
15	91	95	125	87	104	130	154		203	139	224	165
20	96	90	111	77	114	134	158	139	202	140	221	183
25	97	90	116	85	129	128	165	135	195	146	216	214
30	100	106	109	98	128	138	169	124	188	144	211	260
35	97	95	101	112	122	143	168	140	188	136	219	264
40	93	86	91	114	126	143	186	140	190	143	226	247
45	98	84	94	116	137	145	180	155	185	155	228	250
50	113	88	104	123	127	152	175	172	196	169	230	254
55	102	88	101	123	112	156	174	168	200	184	229	259
60	87	80	94	145	102	154	185	169	202	199	230	254
65	105	100	101	125	107	156	177	174	209	217	250	251
70	108	110	99	116	134	147	174	174	218	208	257	250
75	106	100	98	123	134	147	170	171	219	197	240	253
80	110	92	94	110	134	157	163	172	212	200	237	268
85	118	99	110	108	132	167	154	175	220	218	233	280
90	106	112	122	110	131	176	150	180	236	260	231	290
95	110	130	124	118	128	200	158	178	218	295	229	298
100	118	132	121	140	144	206	162	160	208	300	223	303
105	100		117	144	163	196	172	154	197	291	213	307
110	80		116	148	160	192	195	155	185	266	211	308
115			110	150	132		226	176			221	311
120				147			238	230			231	314
Mean	96.7	102.0	114.1	105.5	115.2	158.4	165.0	165.0	195.0	184.1	202.9	219.2
Probable error	6.7	9.4	8.8	13.2	38.4	54.5	14.8	14.8	8.6	37.4	32.3	9.3

備考 本表は直接測定せるものではなく、グラフより計算せるものである。

Mean と Probable error は本表から別に傾度表を作つて計算した。

(1) 普通のネズと同様に捲く場合であつて、數理學者は之を右捲と稱する。

Fig. 2. Pitch and length of stem.

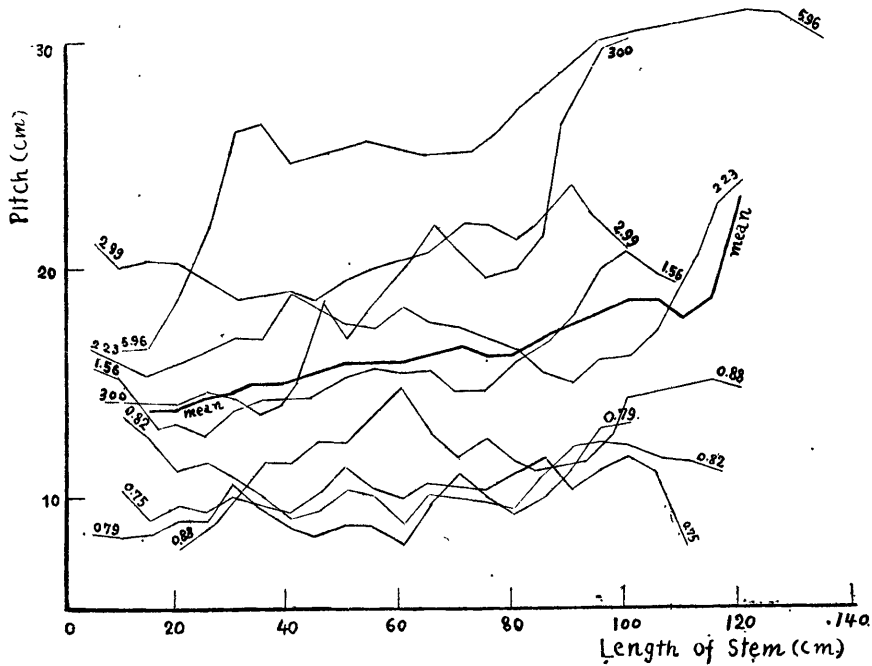


Table 2. Pitch and diameter of support.

表 2. 支柱の直径と歩み

アサガホ *Pharbitis Nil.* CHOIS

支柱の直径	歩み h	計算上の歩み	誤差
cm	cm	cm	cm
0.04	6.06	2.35	3.70
0.65	9.49	9.47	3.02
0.75	10.03	10.13	-0.12
0.79	9.93	10.44	-0.51
0.82	10.84	10.63	0.41
0.88	12.46	11.66	0.80
0.96	10.37	11.49	-1.12
0.96	11.34	11.49	-0.15
1.40	14.45	13.89	0.56
1.56	12.53	14.66	-2.03
1.56	15.76	14.66	1.10
1.72	14.53	15.39	-0.85
1.59	14.34	14.80	-0.46
1.94	16.13	16.34	-0.21
2.23	16.96	17.52	-0.56
2.99	20.37	20.30	0.07
3.00	19.35	20.35	-1.00
2.23	17.56	17.52	0.04
5.96	26.25	28.67	-2.42
5.92	23.13	28.56	-5.43

測定した数が少ないため、確らしき誤差も相當大となつた然し之を用ひて大體の理論の正否を判斷し得る。今各植物につき平均の歩みを用ゐて、如何に支柱の太さに關係するかの次表及圖に依つて示す。

Table 3. Pitch and material of support.

表 3. 支柱の物質と歩み

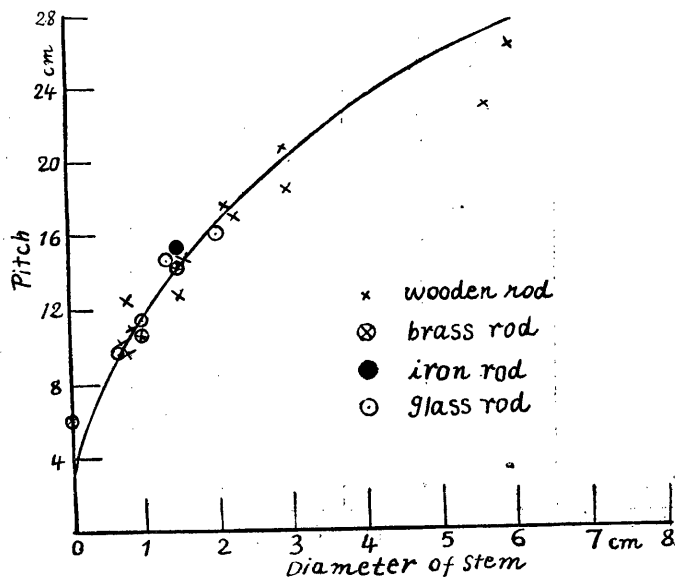
番 號	支柱種類	diameter 直 徑	莖 平 均 直 徑	葉間平均 長	一 日 間 伸長平均	Pitch 平 均 長	$t_0 \theta = \frac{h}{2\pi\gamma}$
		cm	mm.	cm	cm	cm	
6	眞 鍮	0.40	1.97	17.41	9.26	6.05	46.53
9	眞 鐵 木	0.65	2.82	15.00	—	9.49	4.62
14	〃	0.75	1.97	15.45	7.08	10.03	4.25
15	〃	0.79	1.77	17.03	8.59	9.93	4.00
10	〃	0.82	2.11	16.41	9.01	10.84	4.22
12	〃	0.88	2.11	17.02	9.30	12.46	4.51
3	眞 鍮	0.96	2.01	16.68	9.05	10.37	3.43
16	眞 鐵 硝 子	0.96	1.75	18.30	8.14	11.34	3.73
19	〃	1.40	1.78	16.54	—	14.45	3.28
8	眞 鐵 木	1.56	2.09	16.31	8.11	12.58	2.57
2	〃	1.56	2.08	16.08	9.60	15.76	3.21
4	眞 鐵 木	1.71	1.85	16.28	9.44	14.53	2.69
7	眞 鐵 木	1.59	2.12	15.33	7.34	14.34	2.87
17	眞 鐵 木	1.95	2.02	18.11	9.67	16.13	2.64
11	眞 鐵 木	2.23	1.99	17.14	7.53	16.96	2.42
18	〃	2.99	2.12	17.71	9.51	20.37	2.17
20	〃	3.00	2.15	17.60	10.04	19.35	2.06
5	〃	2.23	1.81	16.70	6.99	17.56	7.98
13	〃	5.96	2.10	18.90	8.94	26.25	1.40
1	〃	5.92	1.76	17.70	7.31	23.13	1.24

$$\rho = 7.02^m$$

アサガハ *Pharbitis Nil*, CHOIS

Fig. 3. Pitch and diameter of stem.

(Pharbitis Nil, CHOIS.)



ルコウ草 *Quamoclit vurgalis*, CHOIS.

Fig. 4. Pitch and diameter of stem.

(*Quamoclit vurgalis*, CHOIS.)

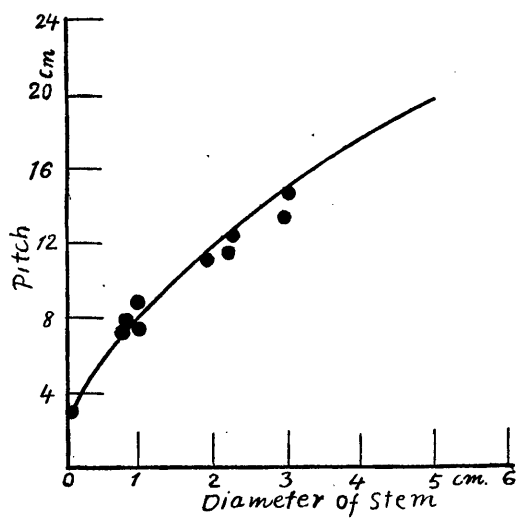


Table 4. Pitch and diameter of support. (*Quamoclit vurgalis*, Chois.)

表 4. 支柱の直径と歩み (ルコウ草)

支柱の直径	歩み	計算上の歩み	誤差
0.65 ^{cm}	7.82 ^{cm}	7.01 ^{cm}	0.81 ^{cm}
0.79	7.61	7.73	-0.12
0.92	7.65	8.34	-0.64
0.92	8.70	8.34	0.36
1.94	11.34	12.08	-0.74
2.23	12.68	12.96	-0.28
2.26	11.63	13.07	-2.44
2.99	13.41	15.03	-1.62
3.05	15.04	15.19	-0.15
5.92	15.15	21.16	-6.01
0.04	3.00	1.81	1.27

$$\rho = 386^{\text{cm}}$$

ヨルガホ *Ipomoea bona-nox* Boj.

Fig. 5. Pitch and diameter of stem

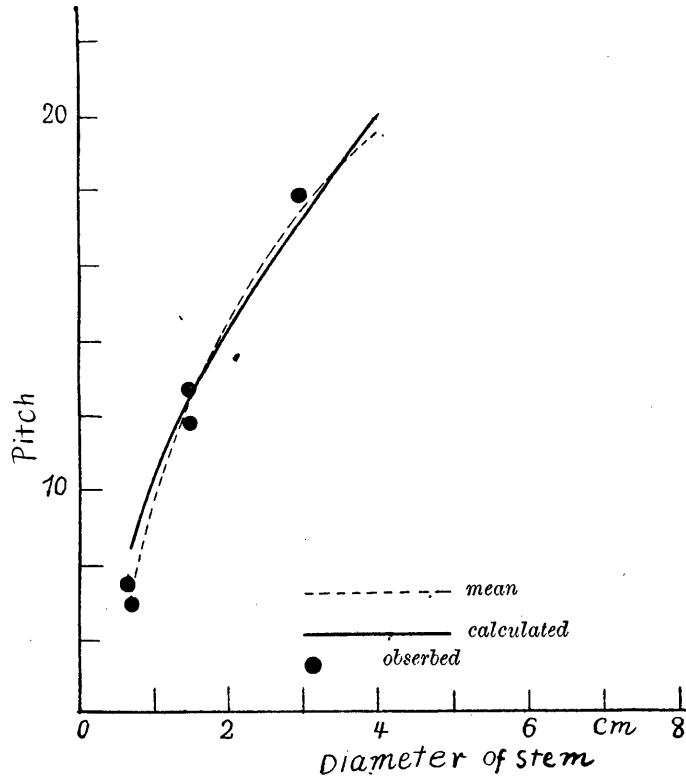
(Ipomoea bona-nox, L.)Table 5. Pitch and diameter of stem. (*Ipomoea bona-nox*, L.)

表 5. 支柱の直径と歩み (ヨルガホ)

支柱の直径	歩み	計算上の歩み	誤差
0.7 ^{cm}	8.4 ^{cm}	7.2 ^{cm}	1.2 ^{cm}
1.5	12.3	12.3	—
3.0	17.4	17.7	-0.3
4.0	20.1	19.4	0.7

$$\rho = 5.10^{cm}$$

ツクネイモ *Dioscorea tennipes*, FRANCH et SAV.

Fig. 6. Pitch and diameter of stem.

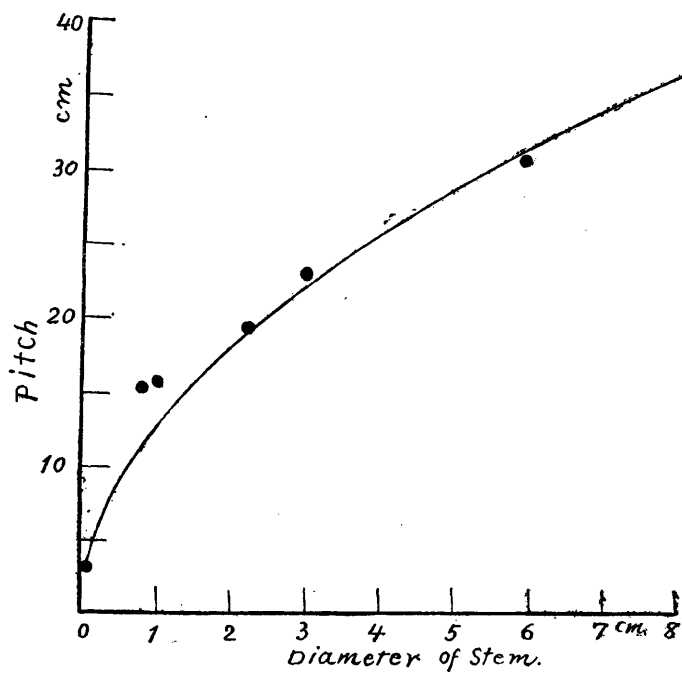
(*Dioscorea tennipes*, FRANCH et SAV.)Table 6. Pitch and diameter of stem. (*Dioscorea tennipes*, FRANCH et SAV.)

表 6. 支柱の直径と歩み (ツクネイモ)

支柱の直径	歩み	計算上の歩み	誤差
cm	cm	cm	cm
0.8	15.11	11.78	3.33
1.0	15.38	12.36	3.02
2.2	19.54	19.54	0.00
3.0	23.00	22.84	0.16
5.8	31.02	31.62	-0.60

$$\rho = 17.6\text{cm}$$

注意すべきは初めに支柱に捲きつき出すあたりは歩みが總て大であり、それから一度下り更に大きくなる様である。今既に述べた四種の植物に就て行ひし結果を次に書き連ねる。

理論上より來る常數を定むるには歩みの mode を用ゐるゝうして計算より歩みの大きさを支柱の半徑に應じて出した。圖上には殊更に支柱の材料の種類を區別せず描いてある。

結果を見ると次の様な事が云へる。

(I) 半徑と歩みとの關係は兩極端を度外視すればよく理論と一致する。半徑が大きくなつて來ると支柱との接觸が悪くなつて確りと維持されない、そこで下の方に下り氣味になるそれが理論上よりもその値をより小さくした主なる原因である。

理論によれば若し支柱が理論より來た曲率半徑の太さを持つと、植物は曲がる事が出來なくなる。今この半徑を Critical radius と名けて、此れに重要な意味を附する。その逆數は各植物の好む曲率に相當するものであつて植物特有である。

(II) 支柱が鐵の如き黑色不透明であつても、硝子の如き透明なものであつても、金屬の如き熱を傳導するものであつても、木の如き不傳導體であつても、粗なる鐵柱、滑かな眞鍮であつても支柱の直徑さへ同一であるなら同一の歩みであるといふことは圖でよくわかる。これは又次の結果に導く。但しこの實驗はアサガホに就てのみ行つたものである。

(III) 攀纏作用は熱作用、日光作用、摩擦によつて影響されない。

今計算した Critical radius 及夫々の莖の半徑を出すと次の如くである。

草 種	ρ	莖の平均直徑
	^{cm}	^{cm}
アサガホ	7.02	2.0
ルコウ草	3.86	1.4
ヨルガホ	5.10	1.7
ツクネ芋	17.60	4.3

種類は異つて居るが總て莖の直徑が増すに伴つて曲率半徑が増加して居る。同一種についてこの關係は莖の直徑が殆ど同一であるために行ふことが出來なかつた。

歩みに對する葉間の長さ、莖の直徑との關係を知るには上掲の表より直接に得ることが出來ない。何となれば歩みとは別々に莖の長さに因つて葉間及び莖の直徑が如何に變るかを測定したのだから。そこで要求する關係を知らんがためにグラフによる間接方法をとつた。今その計算より得たる値を下に示そう。

Table. 7. Relation between pitch and interval of adjacent two leaves and diameter of stem. (*Pharbitis Nil*, CHOIS.)

表 7. 葉間の長さ、莖の直径に對する歩みの關係 (アサガホ)

葉間の長	莖の直径	歩 み	葉間の長	莖の直径	歩 み	葉間長さ	葉の直径	歩 み
No. 20.			No. 10.			No. 5.		
m.m.	m.m.	m.m.	m.m.	m.m.	m.m.	m.m.	m.m.	m.m.
56	199	—	120	195	135	42	171	—
160	213	140	185	203	115	130	184	156
177	200	142	202	205	100	146	174	166
167	277	164	154	200	101	146	175	178
172	208	206	167	218	99	184	190	179
183	232	215	189	238	116	191	192	174
197	237	283	132	220	118	162	187	152
						210	171	212
No. 18.			No. 14.			No. 11.		
52	213	—	56	212	—	94	183	—
173	200	201	151	196	95	169	196	138
168	216	191	132	182	98	177	185	138
167	213	194	148	178	97	160	201	167
205	217	213	157	198	102	150	202	174
154	210	222	174	207	110	180	213	177
196	214	210	162	205	115	199	216	164
			158	198	108			
No. 12.			No. 15.			No. 8.		
89	206	—	137	191	82	103	190	92
165	182	77	169	203	94	185	190	113
168	186	105	178	190	90	201	191	127
170	209	125	176	191	90	162	215	114
199	226	125	187	199	101	171	214	135
165	225	113	175	192	123	174	225	133
236	240	146				144	239	156
No. 2.			No. 13.			No. 1.		
60	212	—	30	190	—	31	196	—
152	195	140	171	194	176	162	180	224
172	209	134	184	203	245	181	194	217
181	199	150	185	220	254	190	200	228
176	204	154	169	210	253	183	196	247
208	208	171	212	220	275	182	188	234
177	233	196	197	216	306	170	195	219
			207	228	310	188	215	226
						160	196	245

以上の表によつて相互間の相関係数を求めると

長さ と 直 徑	$+0.37 \pm 0.062$
直 徑 と 歩 み	$+0.22 \pm 0.072$
長さ と 歩 み	$+0.42 \pm 0.062$

即ち直徑が大である程歩みが大きくなる、従つて植物の Critical radius も大となつて来る。この関係は更に後の研究に譲りたい。

ネヂレと歩み。アサガホ、ルコウ草、ヨルガホ、ツクネ芋の場合には筋がよく見へる。その筋の廻轉する方向は莖の捲き方の反對である。これは已に多くの學者によりて云はれたことである。

莖の單位長についてのネヂレのために起つた廻轉角をネヂレと名付ければ、このネヂレが大なる處では歩みが小さくなつて居る。この関係は次の表及び圖で示してある。

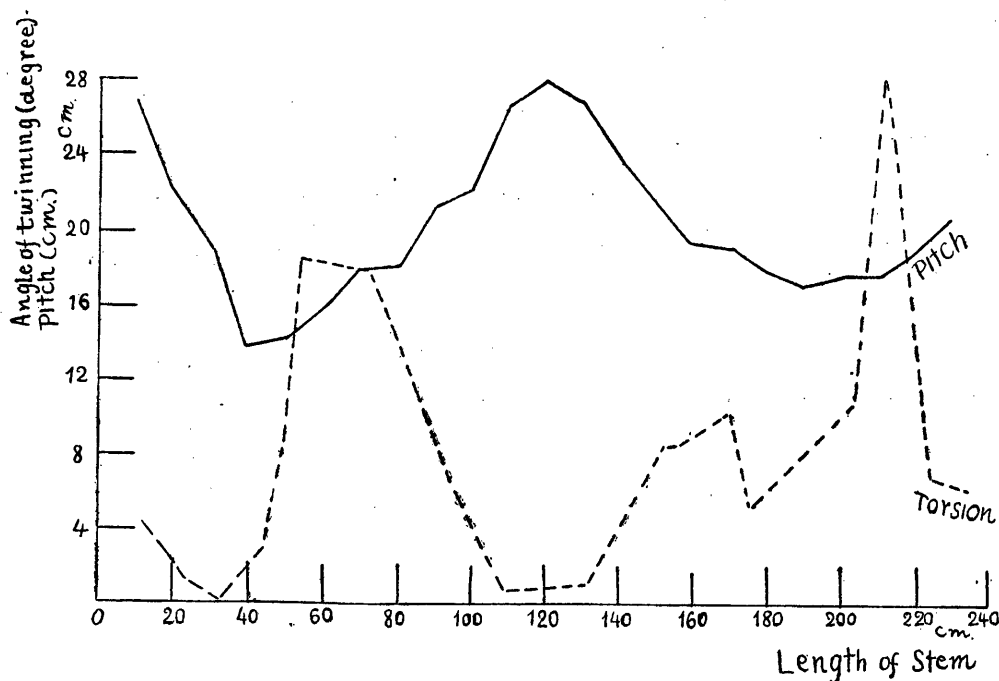
Table 8. Pitch and Torsion.

表 8. ネヂレと歩み

莖 の 直 徑	葉 間 の 長 さ	ネ ジ レ	歩 み
<i>cm</i>	<i>cm</i>		<i>cm</i>
4.44	3.0	32.5	263
4.14	8.0	14.4	209
3.92	11.6	—	176
4.06	9.7	28.8	139
3.42	10.4	58.3	140
4.00	7.0	99.0	149
4.21	5.4	295.0	179
4.02	17.0	149.0	190
4.18	12.9	48.5	215
4.11	6.9	10.8	258
4.25	17.5	23.4	260
4.30	22.6	170.1	210
4.50	20.3	34.2	200
4.56	4.1	146.0	190
4.58	13.9	32.5	182
4.61	6.1	80.0	171
4.66	11.1	175.2	175
4.48	16.4	228.1	180
4.32	8.0	84.0	195
4.38	13.0	57.6	
4.44	9.6		
4.51			

Fig. 7. Pitch and Torsion

(Pharbitis Nil, CHOIS.)



終りにこの研究に於て盛永教授、細見助手、及び中西、荒木兩君に御世話になつたこと至つて大である。こゝに厚く感謝の意を表したい。

文 献

- AMBRONN, Zur Mechanik des Windens. Ber. d. Math.-Phys. klasse d. Kgl. Sachs. Ges. d. Wiss. 1884. 136-184. 1885 132-183.
- , Einige Bemerkungen zu den Abhandlungen des Herrn Wortmann u. s. w. Ber. d. d. des bot Ges. 1886. H. 4. 369-375.
- BARANETZKI, Die kreisförmige Nutation und das Winden der Stengel. Mém. de l'Acad. imper. Scienc. de St. Pétersburg. 1883. VII Série 31.
- BREMEKAMP, Die rotierende Nutation und Geotropismus der Windepflanzen. Rec. trav. bot. Nécalandais. 1912..9.
- CZAPEK, Untersuchungen über Geotropismus. Jahrb. f. wiss. Bot. 1895. 27.
- DARWIN, Die Bewegungen und Lebensweise der kletternden Pflanzen. 2 Aufl. 1899.
- DUTROCHET, Annals des science nat. 2. e. sér. 20 und 3. e. sér. 2.
- FITTING, Untersuchungen über den Haptotropismus der Ranken. Jahrb. f. wiss. Bot. 1903. 38.

- GRADMANN, Zeit. f. Bot. 13. 337. 1919.
- HENDRICKS, Bot. Gaz. LXVIII. 425. 1919.
- , Bot. Gaz. LXXV. 282. 1923.
- KOHL, Beiträge zur Kenntnis des Windens der Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot, 1884. 15. 327-360.
- KOLKOWITZ, Beiträge zur Mechanik des Windens. Ber. d. bot. Ges. 1895. H. 13.
- LÖFFLER, Experimentelle Untersuchungen über Regurgation des Gipfels und Kontakttempfindlichkeit bei Windepflanzen. Ebenda 1919. H. I.
- MIEHE, Beiträge zum Windeproblem. Jahrb. f. wiss. Bot. 1915. 56.
- MOHL, Über den Bau und das Winden der Ranken und Schlingpflanzen. Tübingen.
- NEWCOMB, Das Verhalten der Windepflanzen in der Dunkelheit. Jahrb. f. Wiss. Bot. 1915. 56.
- NIENBURG, Die Nutationsbewegungen junger Windepflanzen. Flora 1911.
- NOLL, Über rotierende Nutation an etiolierten Keimpflanzen. Vorl. Mitt. Bot. Zeitg. 1885.
- , Bemerkung zu Schwendeners Erwiderung auf Wortmanns Theorie des Windens, Ebenda. 1886.
- , Über heterogene Induktion. Versuch eines Beitrags zur Kenntnis der Reizerscheinungen der Pflanzen. Leipzig. 1892
- , Neue Versuche über das Winden der Pflanzen. Sitzungsber. d. niederrhein. Ges. f. Natur-u. Heilkunde. 1901. 2. Hälfte. A.
- , Bonner Lehrbuch -8 Aufl. Jena.
- PALM, Über das Winden der Pflanzen. Stuttgart 1827.
- PFEFFER, Pflanzenphysiologie. 2 Aufl.
- SACHS, Notiz über Schlingpflanzen. Arb. d. bot. Inst. Würzburg. 2. Leipzig.
- , Vorlesungen über Pflanzenphysiologie 2 Aufl. Leipzig.
- SCHWENDENER, Über das Winden der Pflanzen. Monatsber. d. Kgl. Akad. d. Wiss. zu Berlin. 1881.
- , Zur Kenntnis der Schraubenwindungen Schlingender Sprosse. Jahrb. f. wiss. Bot. 1882.
- , Zur Wortmannschen Theorie des Windens. Sitzgsber. d. Kgl. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. 1886, II, Halbband.
- STARK, Experimentelle Untersuchungen über das Wesen und die Verbreitung der Kontaktreizbarkeit. Jahrb. f. Wiss. Bot. 1917.
- VOSS, Neue Versuche über das Winden des Pflanzenstengels. Bot. Zeitg. 1902.
- VRIES, Zur Mechanik der Bewegungen von Schlingpflanzen. Arb. d. bot. Inst. in Würzburg. 1. Leipzig. 1874.
- WORTMANN, Theorie des Windens. Bot. Zeitg. 1886.
- , Einige Bemerkungen zu der von Schwendener gegen meine Theorie des Windens gerichteten Erwiderung. Ebenda.
- , Über die Natur der rotierenden Nutation der Schlingpflanzen. Ebenda.
-

ON A PROPERTY OF TWINNING PLANTS

(Preliminary report)

(Résumé)

Seitaro SUZUKI, Takeo NAGASAWA, Fukuyosi OMORI

In this paper, we present a following theory on the growth of the plants twinning along the supporting rod.

“A Twinning plant has a special propensity for climbing the support, regardless to its thickness, with a definite curvature.”

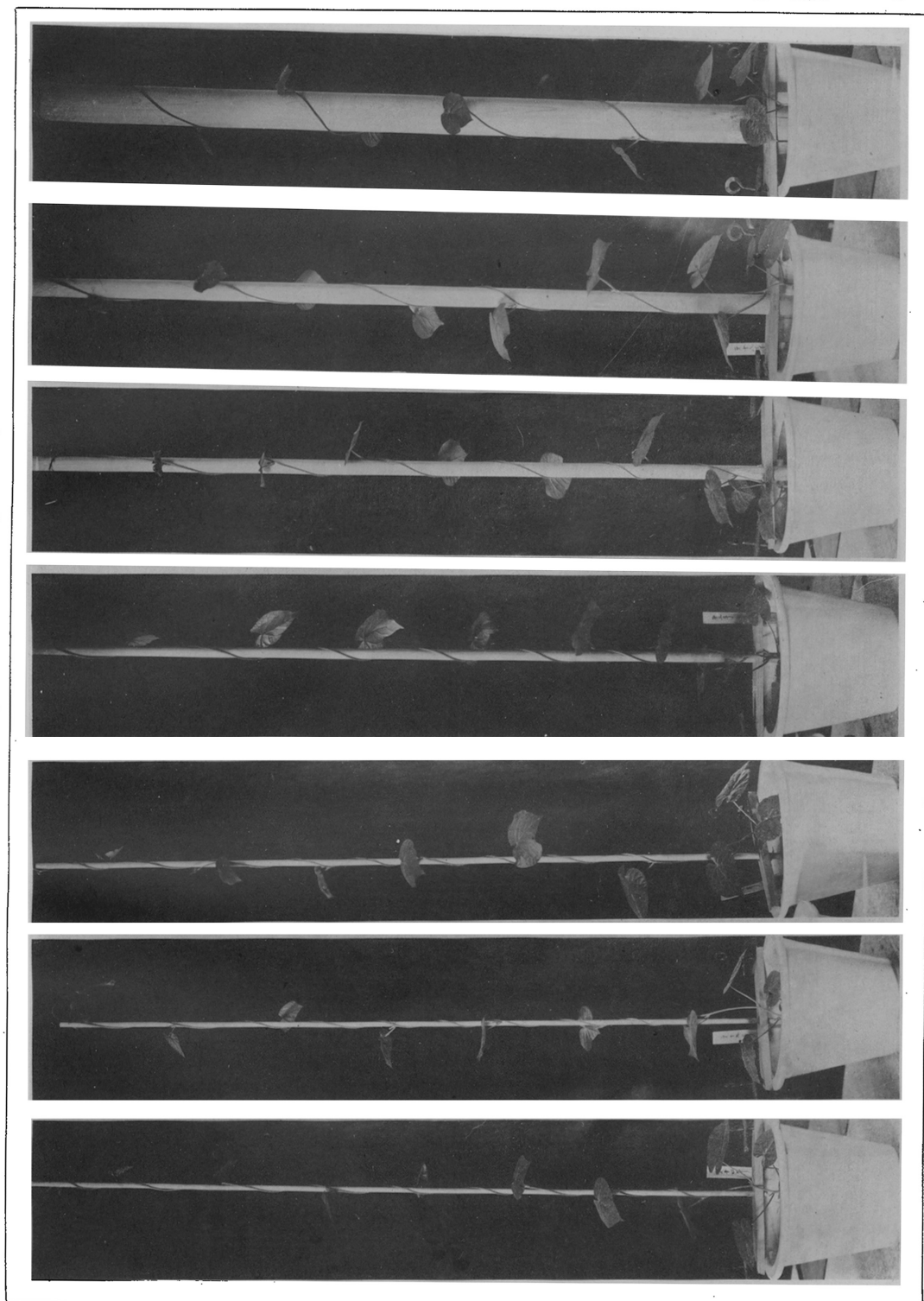
The formula obtained is

$$\frac{h^2}{4\pi r} = \text{constant} = \rho$$

Where h is the pitch of the spiral, r the radius of the support.

The theory was confirmed experimentally with following plants.

Plants	Critical radii
<i>Pharbitis Nil</i> , CHOIS.	7.0 cm.
<i>Quamcolit vurgelis</i> , CHOIS.	3.9 cm.
<i>Ipomoea bona-nox</i> , L.	5.1 cm.
<i>Dioscorea tennipes</i> , FRANCH et SAV.	17.6 cm.



鈴木・長澤・大森：攀纏植物
Suzuki, Nagasawa, Omori: Twinning plants