

桑葉の硬度に關する研究

Studies on the hardness of mulberry leaves.

岡 部 康 之

緒 言

桑葉の飼料的價值判定上、其の硬軟の度即ち硬度を葉位以外の簡單にして正確なる計量的方法に依りて測定する事は極めて重要なる事なり。而して桑葉の硬度測定に關係ある研究として、從來發表されたるものは、川瀬博士の面積重及強韌度⁽⁵⁾、中根信一氏の硬軟係數⁽¹⁰⁾、鶴田定平氏の比重⁽⁹⁾、中島茂氏の毛刺抵抗⁽¹⁶⁾、井上博士等の熟度指數⁽¹³⁾等なり。

著者は鋼球の落下裝置に依る硬度測定法を考案し、前掲諸氏の行へる硬度測定方法と比較し尙更に此の裝置に依る硬度と桑葉諸形質との關係を検討し、其の生理學的意義を究明せんとせり。今茲に其の實驗成績の一部を報告せんとす。

I 材料及び方法

供試桑葉は主として埼玉縣蠶業試驗場桑園に於ける、栽植第17年目改良魯桑、中刈仕立、發芽前伐採桑園より採取せるものなり。

硬度及び其の相關を求むる爲めに調査せる諸形質は、概ね第一支脈と第二支脈との間の中肋に近き部分につき測定せり。

誤差は供試數多きものは中央誤差、供試數少きものは平均誤差を算出せり。

硬度其の他の諸調査方法は次の如き方法に據れり。

1. 硬 度

著者が考案せる鋼球落下裝置に依る硬度計を以て計測せり。其の機構は第五圖に示すが如く鋼球裝置部(A)と、Aを支持し尙、滑かに上下せしめ、其の高度(cm)を示す支柱部(B)と、鋼球落下の打撃を受け、供試桑葉を打ち抜く部分即ち打撃部(C)の3部より成れり。Aの鋼球裝置部は電磁石に依つて鋼球を載せたる裝置が開きて鋼球落下の條件を一定ならしむる様に裝置せり。

Cの機構は先づaの部分に於て絶縁し、絶縁物の上に固定したる彈力ある鐵板の他端に裝置せるbの部分の鋼球が、c板上の接點に於て、其のbとcとの間に裝置せる桑葉を打ち抜きたる時、其の打ち抜きたる事を報知する電鈴に連結せり。

Cのc板及び鋼球bの接點はサンブラテナと稱する不酸化合金を用ひ、尙計測の都度、c及びbの接點を清拭して酸化を防ぎ感度の鋭敏さを持續せしむる事に注意せり。尙Cの部には鋼球mが落下してc板を打撃したる時反撥したる場合收容する爲めeの如き容器を附せり。

此の裝置に依る桑葉を打ち抜く Energy (H) は次の如し。

$$H=mg(h+h')$$

m 落下する球の質量

g 落体の加速度

h 落下せる高さ

h' 反撥せる高さ

實驗結果は反撥せる高さ h' を加算せず、單に h のみに依つて硬度を示し、支障を感じざりしを以て、本研究に於ては h のみを以て硬度とせり。即ち、15.685 g. (直徑 15.5 mm) の鋼球を用ひ、B を上下せしめて桑葉を打ち抜き得らるゝ高さを求むるなり。而して B の示す 1cm を以て硬度 1 度とせり。但し著しく硬度低き桑葉に在りては 8.055 g. (直徑 12.5 mm) の鋼球を用ひたり。小球を用ひたる場合は其旨附記せり。附記せざる場合は皆大球を用ひて調査せるものなり。

著者は曩に桑條の立木硬度を計測する目的を以て、Spring balance を應用して、立木硬度計を考案せり。⁽⁷⁾ 今其の Principle を桑葉に應用してサンブラチナの平面板に鋼球を壓して桑葉を打ち抜くに要する Tension kirogram を測定せんとしたるも、桑葉を打ち抜く迄に時間を要する爲め、其の間桑葉々内に電導不能の條件を生じ不成功に終れり。従つて本考案は瞬時に桑葉を打ち抜くが爲めに、落下裝置を應用せるものなり。

2. 厚 薄 及 び 組 織

手截切片に依りて 620 倍に擴大して計測せり。

3. 假 比 重

鶴田定平氏の考案に基準せり。⁽⁶⁾ 即ち蒸溜水、食鹽、alcohol 等を用ひ、比重 1.10 より 0.85 迄の多數の比重液を調製し、直徑 15mm の圓狀に桑葉を採り、兩面を濡して氣泡を形成せざる様に注意しつつ、液に投入して浮沈の起らざる溶液の比重を假比重とせり。

4. 眞 比 重

中島茂氏に據る。⁽²¹⁾ 即ち前記假比重を計りたる小片を 1% の alcohol 溶液と共に濾過瓶に入れ、瓶の口には栓を施し、側管の口を眞空ポンプ口に連絡し、或る一定の壓力まで空氣を排除し、一定時間後急激に常壓に戻す事數回にして水を桑葉の細胞間隙に浸入せしめて後、前掲假比重と同様に比重を測定す。

5. 細 胞 間 隙 率

中島茂氏に據る。⁽²¹⁾ 即ち下記の如くして計算せり。

$$\text{細胞間隙率} = \frac{\text{眞比重} - \text{假比重}}{\text{假比重}} \times 100$$

6. 粉 末 比 重

額額理一郎氏に據る。⁽¹⁸⁾⁽¹⁴⁾ 即ち絶對乾燥し太き葉脉を除き、微細なる粉末となし、其の 1 立方 cm. の重量を以て粉末比重となせり。

7. 強 韌 度

川瀬博士の方法に據る。⁽⁵⁾ 即ち強韌性とは新鮮桑葉に切斷孔徑 15 mm. の圓孔を穿つに要する剪斷壓力を零度に於ける水銀柱の高さ mm. にて表せるものなり。

8. 面 積 重

川瀬博士の方法に據る。⁽⁵⁾ 即ち面積重とは新鮮桑葉の葉身 100 平方 cm. が有する重量を g.

にて表はせるものなり。

9. 毛 刺 抵 抗

中島茂氏の創案せる硬度測定法⁽¹⁰⁾にして、其の方法は馬の尾毛を等しき溫濕度に於て一定の長さの重量を測り、其の太さを定め、其の一部を硝子管に蠟を以て固定し、其の毛の長さを順次短くし其の先端の耐え得る力を balance 皿を突きて檢定し、其の balance の示す重量を以て桑葉の硬度を定むる方法なり。著者は、恒溫恒濕中（溫度 26°C 濕度 71%）6 cm. の重量 0.003 g. の馬尾毛を用ひて其の長さを 1.4, 1.5, 1.6 cm. の3種として、收葉の毛刺抵抗を計り同時に硬度及び強靱度を計測せり。

10. 熟 度 指 數

井上博士と北澤孝一氏との共同研究に成る比色に依る熟度測定法に據れり。⁽¹¹⁾ 即ち直徑 15 mm. の葉片を 95% の alcohol 中に浸漬する事 30 分の後、葉綠体浸出液を熟度を表示せる標準液（1—8）と比較して熟度を定むる方法なり。此の標準液は A. B 2種あり。A は春Bは夏秋の桑葉酒精浸出液と同様の標準色調をなし、其の数大なるもの程成熟したるものなり。

11. 硬 軟 係 數

中根信一氏に據る。⁽¹²⁾ 新鮮物中の灰分及び水分を測り、 $\frac{\text{灰分}}{\text{水分}} \times 100$ を以て硬軟係數とせり。

12. C/N

炭素は腐植定量法に關し農學會に於て委員を擧げ調査せられたる方法に據れり。⁽¹³⁾ 即ち Industrial & Engineering chemistry の Vol. 17. No. 1., (Jan. 1925) 所載の改良クロム酸法に依りて、CO₂ の定量をなし、其の量に 0.273 を乗じて C の量を得たるものなり。

窒素は鹽入、奥田兩氏の考案に成るケルダール窒素定量裝置に據れり。⁽¹⁷⁾

13. 葉 液 の 粘 稠 度

Ostwald viscosimeter に依りて計れり。⁽⁹⁾ 桑葉を Frigid air 中に凍結せしめて後、之れを壓搾して葉液 5 cc. を取り、25°C の恒溫槽中に於て 2 cc. の流下時間を計測し、同方法に依りて計りたる蒸溜水の流下時間に對する、Relative viscosity を計算せり。

14. 三 原 色

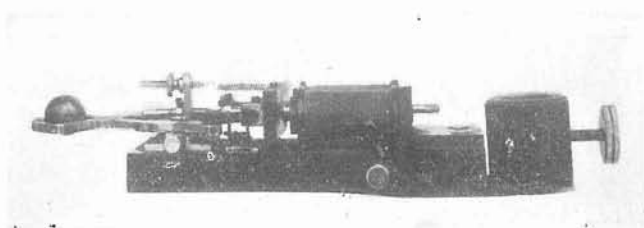
Lovibond's tintometer に依り、黃青紅三原色を用ひて桑葉近似の色彩を組み合せ、其の三原色各々の數値を計測せり。

15. 電 氣 傳 導 度

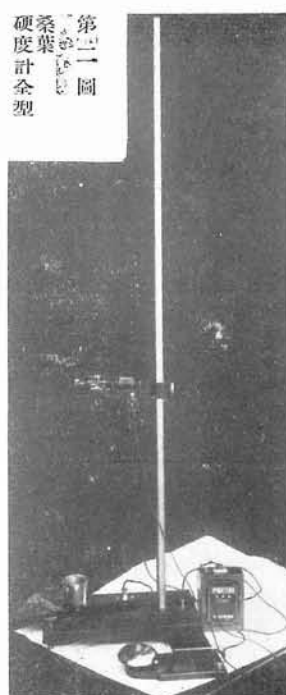
松井、淺井兩氏が報告⁽⁸⁾せる電導度測定裝置を應用して、電極は著者考案の桑葉硬度計の C の部、即ち銅球及サンブラチナ板を以て之に充てたり。Potentio-meter の Cylindrical Bridge に於ける scale は 100 分され、X 抵抗が scale の A 點に於て balance せる時の X 抵抗値は次式に依り計算せり。R は $\left(\frac{R \text{ の抵抗}}{R' \text{ の抵抗}}\right)$ なり。（第八圖參照）

$$X = R \frac{A}{100 - A}$$

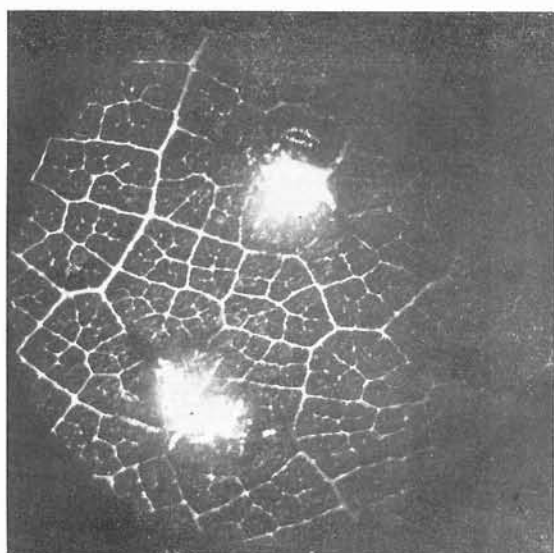
第一圖 A 銅球裝置部



第二圖
桑葉
硬度計全型

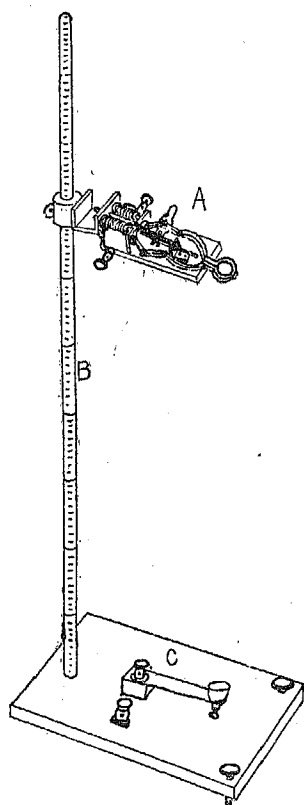


第四圖 硬度測定痕 第三圖○部の擴大

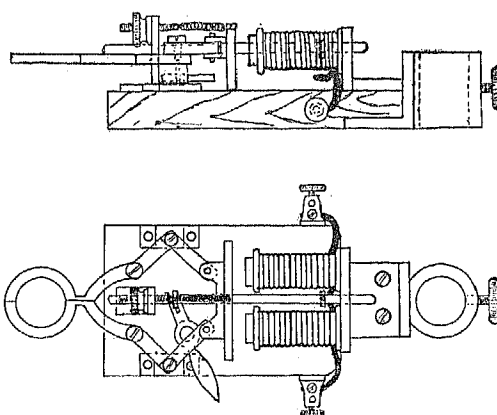
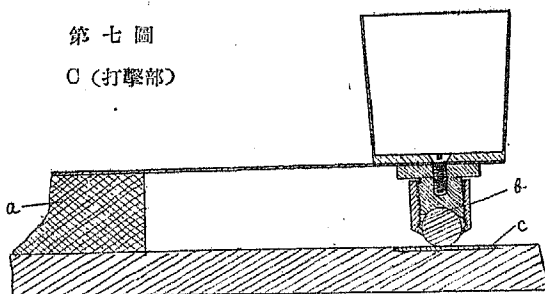


第三圖 硬度測定痕 (實物大)

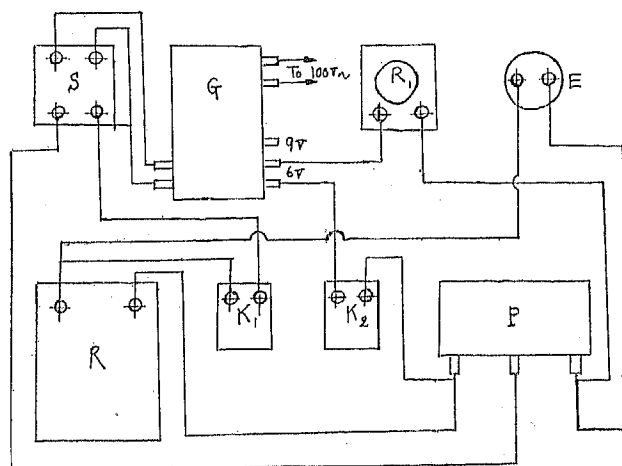
第五圖



第六圖 A (鋼球裝置部)

第七圖
C (打擊部)

第八圖 電氣傳導度測定裝置接續圖



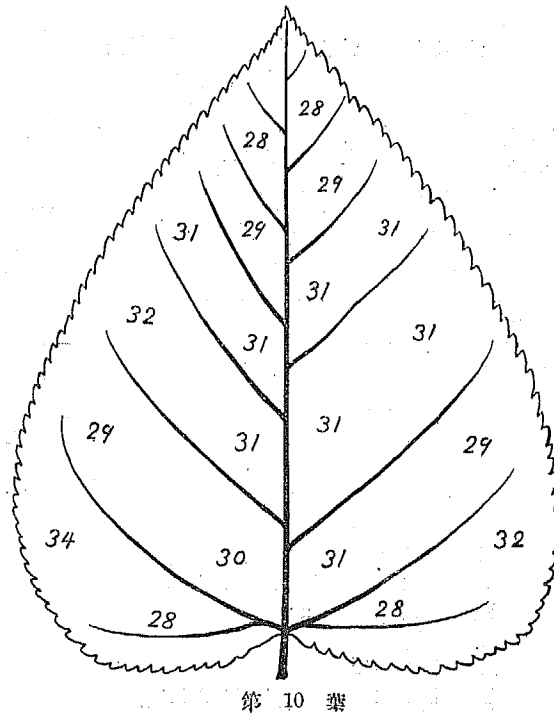
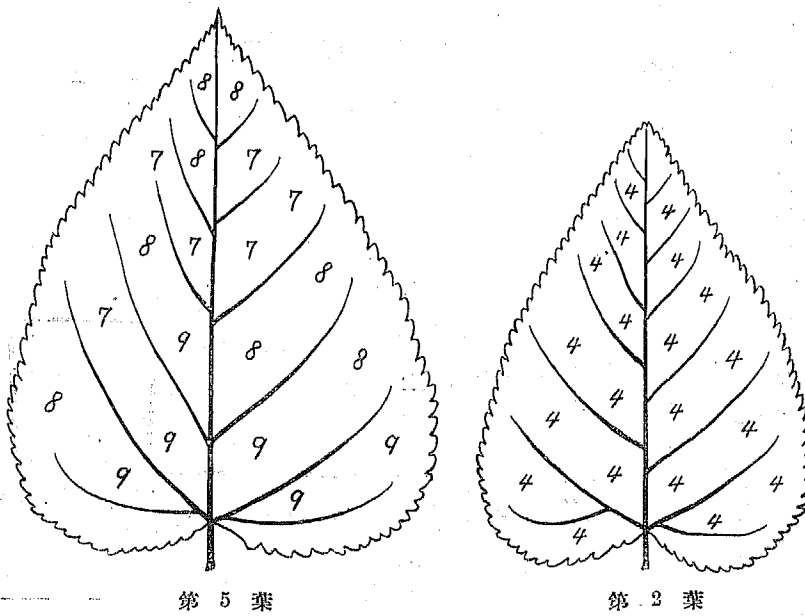
- G Galvanometer
 S Universal galvanometer shunt
 R R_1 Resistance Box
 K_1 K_2 Key
 E Electrode
 P Potentiometer (Cylindrical Bridge)

II 成績

1. 葉身各部の硬度

著者考案の硬度測定法に依れば、其の測定痕は徑 2 mm. にして、一葉身中 20—30 箇所測定する事を得。(第三圖第四圖参照) 葉脈の部分を避くれば略々其の硬度は一定なり。今改良魯

第九圖



桑の第2葉、第5葉、第10葉につき葉身各部の硬度を調査せる例を挙げれば第九圖の如し。

2. 厚薄及び組織と硬度

硬度と葉の厚薄と如何なる關係ありや、改良魯桑につき、調査せる結果1枝條中、先端より順次下部に向ふに従つて、硬度及び厚さを増し相伴へるが如きも硬度の増大率は、厚さの夫れに比して遙かに大なり。⁽²⁾

第1表

(10. 7. 1935 調査)

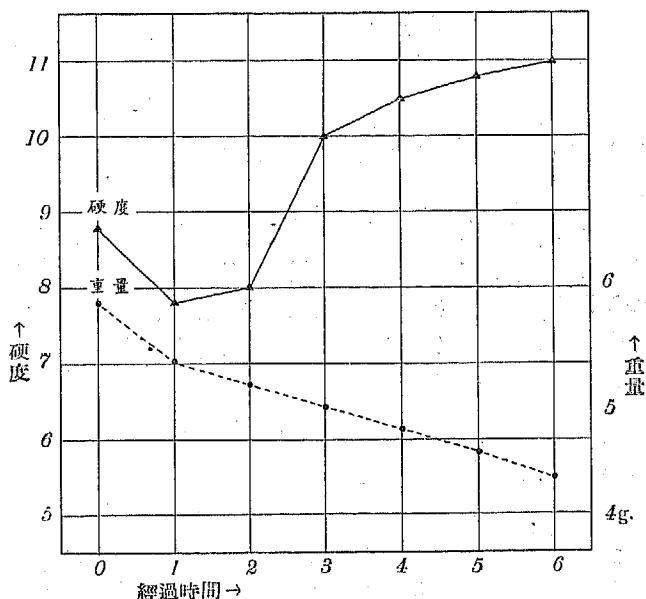
先端よりの葉位	硬 度	上部表皮系	柵状組織	海綿狀組織	下部表皮系	葉の厚さ
第 2 葉	4	17	15	30	9	71
第 5 葉	9	26	26	43	9	104
第 10 葉	32	26	35	54	13	128
第 15 葉	52	26	39	65	13	143
第 20 葉	90	39	43	65	15	162
第 25 葉	118	39	43	76	15	173

3. 水分の發散と硬度

魯桑の第5葉を用ひて摘葉時間の経過するに従つて、水分發散と硬度の變化とは如何なる経過を辿るものなりや、調査せる結果、最初1時間は硬度を減じ、第2時間以後硬度は次第に増高する事を知り得たり。

(第十圖參照)

第十圖 水分の發散と硬度



第2表

(11. 7. 1935 調査)

時間	0	1	2	3	4	5	6
調査項目							
硬 度 (度)	8.8	7.8	8.0	10.0	10.5	10.8	11.0
重 量 (g)	5.88	5.36	5.15	4.97	4.76	4.55	4.33
溫度及濕度	24.5°C 70%	24.0 70	24.0 70	24.0 70	24.0 70	23.5 70	23.5 70

4. 品種と硬度

軟葉として全芽先端第2葉目及び中葉として全芽の中央部のもの及び硬葉として基部より第2葉目のものにつき、10葉宛を採りて12品種につき比較せる結果下記の如し。特に平均誤

差の大なるものにつき、供試数を増さず、故らに 10 葉のみに限定して計りたり。斯くして各品種の偏差の大様を窺知せんとせり。

第 3 表 (6—11. 6. 1935 調査)

品 種	葉 位	軟 葉 (小球)	中 葉	硬 葉
一ノ瀬青木		9±0.5	23±1.2	32±2.6
鼠 返		10±0.4	17±0.9	29±2.6
十 文 字		9±0.4	16±0.4	24±1.1
北 堀 桑		10±0.5	19±0.7	48±5.5
改 良 魯 桑		9±0.6	21±1.2	44±4.5
富 榮 桑		12±0.4	23±0.7	37±1.8
多 胡 早 生		12±0.9	27±0.7	24±0.8
改 良 鼠 返		9±0.5	22±1.2	39±5.2
島 ノ 内		11±0.6	21±0.8	32±2.7
市 平		13±0.4	21±1.1	31±4.0
福 島 大 葉		10±0.5	21±1.0	34±2.3
遠 洲 高 助		15±0.6	30±1.5	33±4.7

(附) 大球と小球との示す硬度の比較

島の内の軟葉を用ひて大球と小球とを落下せしめて硬度を比較せる結果下記の如し。
大球(重量 15.685g)の示す硬度 4 ± 0.14
小球(重量 8.055g)の示す硬度 10 ± 0.18
大球にては軟葉に於て其の差少きを以て、小球を用ひて其の差を大ならしむるを要す。而して小球の示す硬度の大略 $\frac{1}{2}$ が大球の示す硬度なり。鋼球の質量大略小球は大球の $\frac{1}{2}$ にして球の質量に反比例して硬度を示す事を窺知せらる。

5. 葉位と硬度

枝條先端より下部に向ひ、其の葉位に依つて硬度に如何なる變化ありや調査せる結果を見れば、發芽前伐採桑園に於て、6月 は下部に向ふに従つて、硬度を増す傾向あるも、7月 は下部に向ふに従つて順次硬度を増し終に最高の硬度を示す部分ありて、更に夫れより基部に向ふに従つて硬度を低下す。尙、此の關係を春秋兼用桑園中改良鼠返、及び多胡の春蠶伐採後の枝條につき7月18日調査せる結果は枝條の先端より下部に向ふに従つて硬度を増し最高の硬度を示す部分ありて、更に又基部に向ふに従つて硬度を減ず。

第 4 表 (6月18日の改良魯桑) (18. 6. 1935 調査)

葉位 枝條	1 (度)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	4	4	5	9	12	17	22	22	33	34	37	61	84	83	94	112
2	4	5	8	14	17	17	24	24	27	31	38	51	63	61	82	78
3	4	4	7	13	17	33	40	51	54	70	69	74	76	76	87	70
平 均	4	4	7	12	15	22	29	32	38	45	48	62	74	73	88	87

第 5 表 (7月18日の改良魯桑) (18. 7. 1935 調査)

葉位 枝條	1 (度)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	4	4	5	6	8	10	15	16	20	22	25	29	30	46	55	58	62	65	67	78	75	78	76	78	67
2	4	4	5	8	12	18	25	28	35	36	39	40	42	51	51	60	67	69	68	66	68	69	68	64	62
3	4	4	5	8	11	18	20	22	25	31	30	32	37	41	47	51	51	52	52	57	58	55	57	52	49
平 均	4	4	5	7	10	15	20	22	27	30	31	34	36	46	51	56	60	62	62	67	67	67	67	65	59

第 6 表 (7月18日の春秋兼用改良鼠返)

(18. 7. 1935 調査)

葉位 枝條	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	(度)																			
1	2	3	3	3	4	4	5	6	7	9	9	10	15	18	18	12	11	9	10	9
2	3	3	3	3	3	4	6	8	10	12	11	16	16	17	17	16	15	13	12	10
3	2	2	3	4	4	4	4	5	7	9	11	13	13	14	18	21	18	17	11	14
平 均	2	3	3	3	4	4	5	6	8	10	10	13	15	16	18	16	15	13	11	11

第 7 表 (7月18日の春秋兼用多胡)

(18. 7. 1935 調査)

葉位 枝條	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	(度)														
1	3	3	4	4	5	7	6	7	9	8	7	6	7	6	7
2	4	4	5	7	7	7	7	8	7	7	6	8	8	9	9
3	3	3	3	3	6	7	9	9	10	10	10	8	8	7	8
平 均	3	3	4	5	6	7	7	8	9	8	8	7	8	7	8

6. 假比重、眞比重、及び細胞間隙率と硬度

枝條を長さにより 3 等分して上部、中部、下部とす。上部に於て假比重は最も先端のものより順次小となり上部最下部邊にて 1 内外となる傾向あるも品種及び仕立方等に依りて例外多し。概して上部より下部に向ふに従つて、順次小となる傾向ありて、硬度との關係明瞭を欠く。眞比重は上中下 3 部共 1.05 内外にして大差なし。細胞間隙率につきて見るに、上部は小にして中部之れに次ぎ下部は最大なり。(第十一圖参照) 尙品種に就て見るに、假比重は、魯桑は大にして市平は小なり。眞比重は魯桑は大にして改良鼠返は小なり。細胞間隙率は市平、多胡は大にして魯桑及び改良鼠返は小なり。

第 8 表 (改良魯桑)

(22. 7. 1935 調査)

葉位 枝條及項目	上 部									中 部						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1 (硬 度 (度))	3	3	5	6	9	12	17	22	30	35	42	46	53	60	70	71
1 (假 比 重)	1.07	1.06	1.05	1.04	1.03	1.01	1.01	1.01	1.02	1.02	1.04	1.04	1.05	1.03	1.05	1.05
2 (硬 度 (度))	3	4	4	5	7	10	12	16	25	33	42	54	61	65	69	72
2 (假 比 重)	1.07	1.06	1.06	1.05	1.05	1.04	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.05	1.01	1.05	1.05	1.05

續 き

部				下				部					
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
1	硬 度 (度)	69	70	68	72	68	69	76	76	74	74	71	64
	假 比 重	1.04	1.04	1.03	1.03	1.04	1.03	1.02	1.02	1.02	1.02	1.01	1.00
2	硬 度 (度)	74	74	75	75	78	80	80	81	82	87	88	89
	假 比 重	1.05	1.05	1.05	1.04	1.04	1.04	1.04	1.03	1.03	1.03	1.02	1.02

第 9 表 (春秋兼用改良魯桑)

(23. 7. 1935 調査)

葉位		上 部					中 部					下 部						
枝條及項目		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	硬 度(度)	3	3	3	4	5	7	13	16	19	21	29	32	30	30	27	21	9
	假比重	1.05	1.06	1.05	1.03	1.03	1.01	0.99	1.01	1.01	1.01	1.03	1.03	1.02	1.01	0.98	0.99	0.99
	真比重	1.03	1.04	1.03	1.04	—	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.05	1.05	1.05	1.03	1.04	1.03	1.01
2	硬 度(度)	3	3	3	4	5	7	11	13	12	18	19	16	14	14	13	13	10
	假比重	1.05	1.05	1.05	1.03	1.01	1.01	0.99	0.99	1.01	1.01	1.01	1.02	1.00	1.01	0.99	0.98	0.99
	真比重	1.03	1.05	—	1.05	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.04	1.05	1.05	1.05	1.03	1.03	1.01

第 10 表 (春秋兼用島の内)

(23. 7. 1935 調査)

葉位 枝條及項目	上 部					中 部					下 部					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	硬 度 (度)	3	3	3	4	4	6	8	8	9	8	6	8	6	5	5
	假 比 重	1.02	1.05	1.05	1.03	0.99	0.97	0.95	0.96	0.93	0.93	0.95	0.95	0.95	0.94	0.94
	真 比 重	1.07	1.07	1.07	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.04
2	硬 度 (度)	3	3	4	5	5	5	5	6	8	6	6	7	6	5	5
	假 比 重	1.05	1.05	1.03	1.00	0.97	0.95	0.93	0.93	0.93	0.91	0.95	0.95	0.95	0.94	0.91
	真 比 重	1.07	1.09	1.07	1.07	1.07	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.03	1.04

第 11 表 (春秋兼用改良鼠返)

(24. 7. 1935 調査)

葉位 枝條及項目	上 部					中 部					下 部				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	硬 度 (度)	3	3	3	3	4	4	5	6	6	8	7	6		
	假 比 重	1.07	1.06	1.05	1.01	1.01	0.96	0.92	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91		
	真 比 重	1.03	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05		
2	硬 度 (度)	3	3	3	3	4	4	6	6	7	10	6	6	5	
	假 比 重	1.07	1.06	1.05	1.03	0.99	0.94	0.92	0.92	0.90	0.91	0.91	0.91	0.94	
	真 比 重	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.06	1.05	1.05	1.05	1.06	10.5	1.05	

續 き

			下 部						
			13	14	15	16	17	18	19
1	硬 度 (度)		7	8	7	7	7	8	
	假 比 重		0.91	0.92	0.93	0.96	0.95	0.95	
	真 比 重		1.05	1.05	1.05	1.07	1.07	1.06	
2	硬 度 (度)		5	5	5	5	4	4	
	假 比 重		0.94	0.94	0.95	0.94	0.89	0.92	
	真 比 重		1.05	1.05	1.06	1.05	1.05	1.05	

第 12 表 (春秋兼用多胡)

(25. 7. 1935 調査)

枝條及項目	葉位	上 部					中 部					下 部					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	硬 度 (度)	2	2	3	3	3	5	6	8	10	10	9	9	8	8	5	5
	假 比 重	1.06	1.03	1.01	0.96	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.90	0.91	0.89	0.87	0.86
	眞 比 重	1.05	1.05	1.05	1.05	1.04	1.04	1.04	1.03	1.04	1.05		1.03	1.04	1.04	1.04	1.03
2	硬 度 (度)	3	3	3	3	4	4	5	5	6	9	7	5	5	5	5	
	假 比 重	1.07	1.07	1.04	1.01	0.95	0.93	0.91	0.90	0.89	0.89	0.89	0.88	0.87	0.84	0.83	
	眞 比 重	1.05	1.04	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.07		1.06	1.05	1.03	1.03	1.03	

第 13 表 (春秋兼用市平)

(26. 7. 1935 調査)

枝條及項目	葉 位	上 部					中 部					下 部				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	硬 度 (度)	2	3	3	4	5	5	5	5	8	7	8	7	7	6	6
	假 比 重	1.05	1.06	1.00	0.97	0.93	0.91	0.89	0.87	0.89	0.87	0.85	0.87	0.90	0.88	0.87
	眞 比 重	1.07	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	1.05	1.05	1.05	1.04	1.05	1.05	1.05	1.05	1.04
2	硬 度 (度)	3	3	4	5	6	7	7	8	9	12	11	10	8	7	6
	假 比 重	1.05	1.07	1.03	0.94	0.91	0.87	0.87	0.87	0.86	0.87	0.87	0.87	0.87	0.82	0.82
	眞 比 重	1.05	1.05	1.05	1.06	1.05	1.05	1.05	1.05	1.06	1.05	1.06	1.05	1.05	1.04	1.05

第 14 表 (自第 8 表至第 13 表總括)

項 目		硬 度	假 比 重	眞 比 重	細胞間隙率	調 査 葉 数
位置品種		(度)			(%)	
上 部	魯 桑	4	1.04	1.04	0.00	10
	鳥 の 内	4	1.03	1.07	3.88	10
	改良鼠返	3	1.03	1.05	1.94	12
	多胡早生	3	1.02	1.05	2.94	10
	市 平	4	0.91	1.06	16.48	10
	平 均	4	1.01	1.05	3.96	(52)
中 部	魯 桑	18	1.01	1.03	1.98	10
	鳥 の 内	7	0.94	1.05	11.70	11
	改良鼠返	6	0.92	1.05	15.38	13
	多胡早生	7	0.91	1.05	15.38	11
	市 平	7	0.88	1.05	19.31	10
	平 均	9	0.93	1.05	12.90	(55)
下 部	魯 桑	19	1.00	1.04	4.00	12
	鳥 の 内	10	0.94	1.05	11.70	10
	改良鼠返	6	0.94	1.06	12.76	12
	多胡早生	6	0.87	1.04	19.54	10
	市 平	8	0.86	1.05	22.09	10
	平 均	10	0.92	1.05	14.13	(54)

全 部	魯 桑	14	1.05	1.07	2.10	32
	島 の 内	6	0.97	1.05	9.15	31
	改 良 鼠 返	5	0.98	1.00	4.07	37
	多 胡 早 生	5	0.93	1.04	12.27	31
	市 平	6	0.91	1.05	15.87	30
	平 均	7	0.96	1.04	8.30	(161)

附、粉末比重と硬度

粉末比重は、中葉は最少にして、軟葉最大なり。

第 15 表 (10. 7. 1935 調査)

區別	調査	硬 度 (度)	水 分 (%)	粉末比重 (g)
軟	葉	4±0.3	82.78	0.648
中	葉	45±0.9	76.16	0.593
硬	葉	69±2.2	75.44	0.617

7. 強韌度及び面積重と硬度

改良魯桑の第5開葉 100枚に就き、7月10日強韌度、面積重及び硬度を測定し、其の變異係数及び相関係数を算出せり。⁽¹⁾

第 16 表 (10. 7. 1935 調査)

項目	調査	平均 値	標準 偏差	變 異 係 數
強韌度 (mm)		264.8±0.6	8.6 ±0.4	3.25±0.155
面積重 (g)		1.907±0.132	0.196±0.009	10.26±0.495
硬 度 (度)		9.05 ±0.172	2.33 ±0.018	25.7 ±0.3

強韌度と面積重との相関係数

$$r = +0.37 \pm 0.087$$

強韌度と硬度との相関係数

$$r = +0.69 \pm 0.052$$

面積重と硬度との相関係数

$$r = +0.17 \pm 0.097$$

8. 毛刺抵抗と硬度

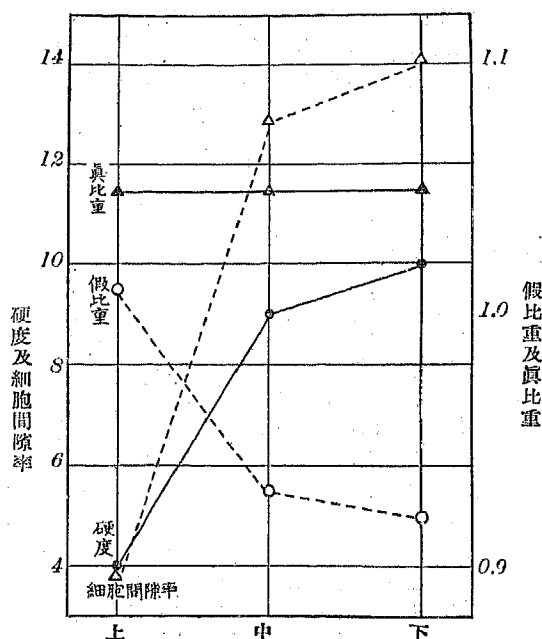
6cm. の重量 0.003gr. (26°C-71%) の馬尾毛につき、其の長さを順次切り詰め、balance 皿を突きて感ずる g. を計測したる結果第十二圖の如し。今此の毛の 1.4 cm. 1.5 cm. 1.6 cm. 3 種につき改良魯桑先端第2葉に於て突き通し得る限度の重量、硬度 (小球に依る) 強韌度を調査し對照せば次表の如し。

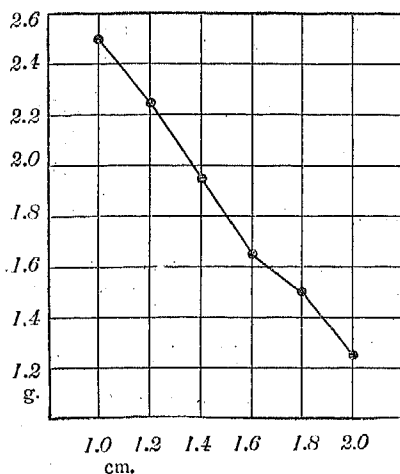
第 17 表

(8. 7. 1935 調査)

毛 の 長 さ	Balance の感度	硬 度	強 韌 度	供 試 數
cm.	g.	度	mm.	
1.4	1.12	15±0.9	185.6±2.1	13
1.5	1.10	14±0.5	177.6±12.6	23
1.6	0.97	12±0.5	153.6±0.4	13

第十一圖 假比重、真比重、及細胞間隙率と硬度 (五品種平均)



第十二圖 毛刺の感度
6cm. 0.003g. 26°C-71%

9. 熱度指數と硬度

30 分間 alcohol 中に浸出せる結果、着色状態は、品種に依つて異り、鳥の内に於ては殆んど硬中軟共浸出不能なりしも、改良魯桑及び改良鼠返に於ては、硬中軟の内硬葉及び軟葉が、標準色中最も淡色なる A 及び B の 8 に該当せるにも拘らず、中葉は他よりも濃き色を呈せり。

第 18 表

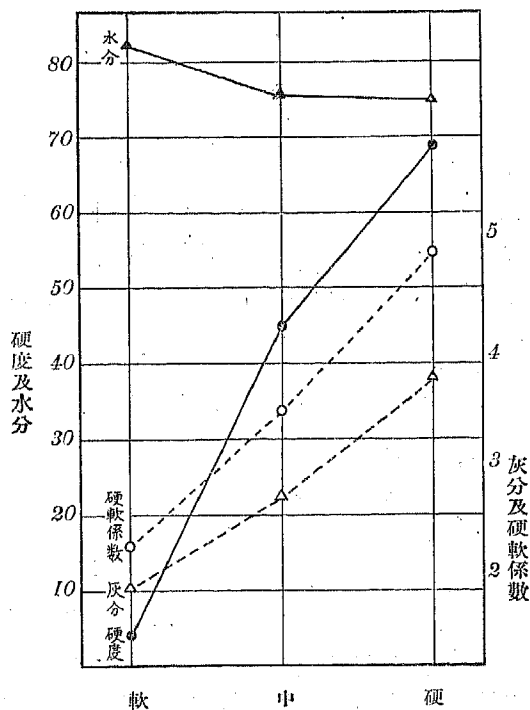
(25. 7. 1935 調査)

項目 品 種	軟 葉		中 葉		硬 葉	
	硬 度	熱 度 指 數	硬 度	熱 度 指 數	硬 度	熱 度 指 數
改 良 魯 桑	度 2	A8 B8	度 12	A6 B5	度 6	A8 B8
改 良 鼠 返	3	A8 B8	11	A6 B5	9	A8 B8
鳥 の 内	2	A8 B8	6	A8 B8	4	A8 B8

10. 含水量、灰分及び硬軟係數と硬度

魯桑に於ける軟（先端第 2 葉）、中（枝條中央部）、硬（基部第 2 葉）の桑葉に就て水分及び灰分を比較せし結果、硬度高きに従つて水分は減じ、灰分は増し、硬軟係數大となる事極めて顯著なり。（第十三圖參照）

第十三圖 水分、灰分及び硬軟係數と硬度



第 19 表

(12. 7. 1935 調査)

區別	調査	硬 度 (度)	水 分 (%)	灰 分 (%)		硬 軟 係 數
				新 鮮 物 中	乾 物 中	
軟	葉	4±0.3	82.78	1.81	10.52	2.19
中	葉	45±0.9	76.16	2.69	11.29	3.53
硬	葉	69±2.2	75.44	3.86	15.71	5.12

11. 炭素、窒素、及び C/N と硬度

硬度中位の桑葉が炭素の%最も大にして、硬度高き硬葉之れに次ぎ、硬度低き軟葉、最も小なり。而して硬度の高きに從つて窒素の%小なり。

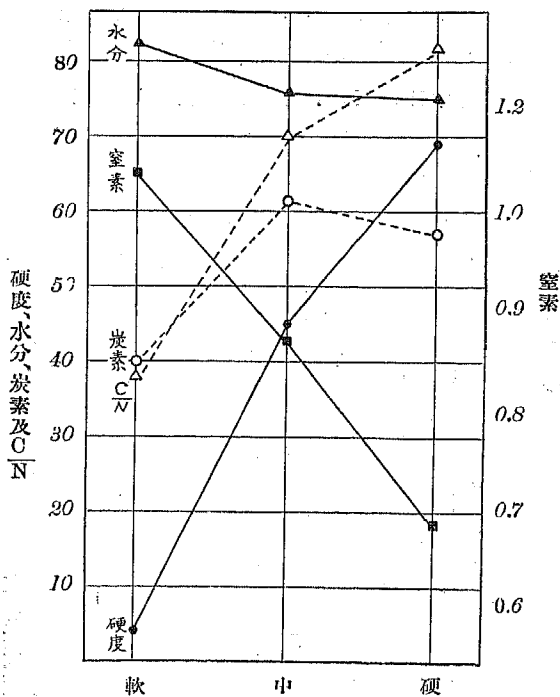
C/N ratio は硬度低き葉は小にして硬度の高きに從つて大なり。(第十四圖参照)

第 20 表

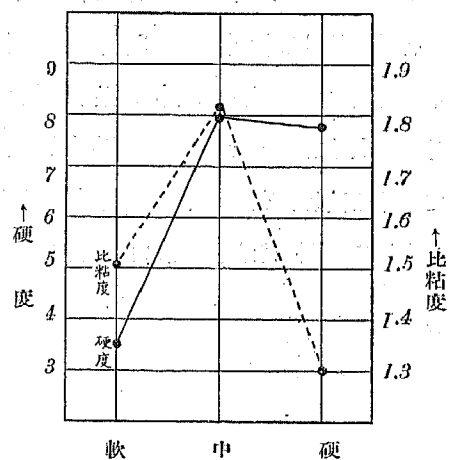
(12. 7. 1935 調査)

區別	調査	硬 度 (度)	水 分 (%)	炭 素 (%)		窒 素 (%)		C/N
				新 鮮 物 中	乾 物 中	新 鮮 物 中	乾 物 中	
軟	葉	4±0.3	82.78	4.01	23.31	1.0415	6.048	3.854
中	葉	45±0.9	76.16	6.15	25.81	0.8733	3.663	7.045
硬	葉	69±2.2	75.44	5.68	23.11	0.6894	2.807	8.233

第十四圖 水分、窒素、炭素及びC/Nと硬度



第十五圖 粘稠度と硬度



12. 葉液の粘稠度と硬度

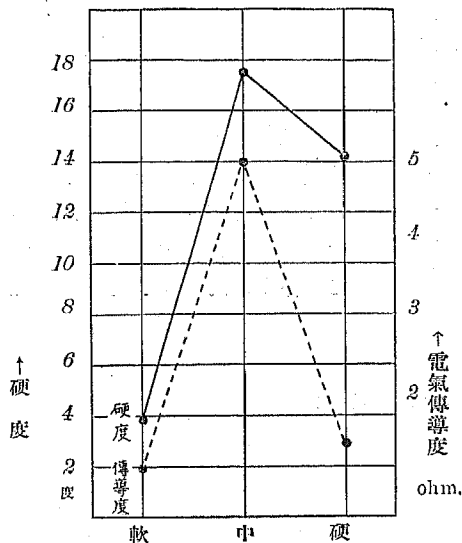
4 品種の軟葉(先端第2葉)中葉(枝條中央部)硬葉(基部第2葉)各別に粘稠度を測りたる結果、中葉が概して硬度も比粘度も高き傾向あり。(第十五圖参照)

第 21 表

(30. 7. 1935 調査)

品 種	項 目	軟 葉		中 葉		硬 葉	
		硬 度	比 粘 度	硬 度	比 粘 度	硬 度	比 粘 度
改 良 鼠 返 島 の 内 多 胡 市 平 平 均	返	3±0	1.683±0.01	6±0.2	1.930±0.01	9±0.4	1.595±0.008
	内	3±0	1.593±0.008	9±0.6	1.911±0.007	9±0.5	1.338±0.006
	胡	4±0	1.338±0.007	9±0.5	1.861±0.018	7±0.3	1.245±0.008
	平	4±0	1.420±0.006	8±0.4	1.570±0.011	6±0.3	1.321±0.007
	均	3.5	1.509	8.0	1.818	7.8	1.300

第二十圖 電氣傳導度と硬度



13. 電氣傳導度と硬度

春秋兼用、栽植第4年目、改良鼠返、島の内、多胡、市平、の4種につき、硬度及び傳導度を計測したる結果、改良鼠返を除き、大体中葉が最も硬度高く、硬葉之れに次ぎ軟葉最も低し。而して傳導度は全く例外無く中葉の抵抗最も大にして硬葉之れに次ぎ軟葉は最も小にして硬度の数値と全く合致せり。(第二十圖参照)

第 22 表

(9. 8. 1935 調査)

品 種	項 目	軟 葉		中 葉		硬 葉	
		硬 度	抵 抗	硬 度	抵 抗	硬 度	抵 抗
改 良 鼠 返 島 の 内 多 胡 市 平 平 均	返	4±0	1.173 ohm	16±0.8	10.111 ohm	18±0.9	1.631 ohm
	内	4±0.2	0.818	19±0.6	3.166	15±0.4	1.325
	胡	4±0.2	0.923	22±1.2	2.703	13±0.1	1.127
	平	4±0	1.083	12±0.6	4.263	10±0.7	1.127
	均	3.9	0.999	17.5	5.061	14.2	1.303

14. 葉の生長と硬度

發芽前伐採魯桑々園に於て7月1日、枝條各先端第2葉500枚の葉柄に紙片を附し、爾後隔日10枚宛葉の長さ及び硬度を測定したる結果、葉長は11日後には既に最大となりたるも硬度は35日にして其の最高度となれり。

桑葉の生長につき Robertson⁽³⁾⁽¹⁵⁾が主唱せる生長恒數の算定につきては、中島茂氏⁽¹⁶⁾、五十畑正平氏⁽²⁰⁾の研究あるも、著者は更に硬度につき次式に據りて吟味せり。

第 23 表

t 經過日數	X 硬度實測値	K	X' 硬度計算値	葉長 (cm)
1	3.3	0.107	3.4	7.1
3	3.9	0.102	4.9	10.4
5	9.4	0.095	7.8	13.4
7	10.5	0.116	11.8	16.2
9	15.0	0.134	17.5	18.3
11	20.3	0.182	24.5	19.8
13	33.2	0.207	32.5	19.4
19	41.7	0.155	52.5	19.5
21	47.5	0.058	56.3	19.2
23	54.7	0.045	58.9	19.7
25	57.5	0.081	60.6	18.8
27	59.2	0.081	61.7	18.4
29	62.7	0.102	62.3	19.6
31	60.7	0.075	62.7	20.4
33	59.4	0.058	62.8	20.1
35	63.4	—	—	20.0
平均	—	0.107	—	—

$$\log \frac{X}{A-X} = K(t-t_1)$$

X t 日の硬度

A 最高硬度

t_1 X が $\frac{A}{2}$ の場合の t の値

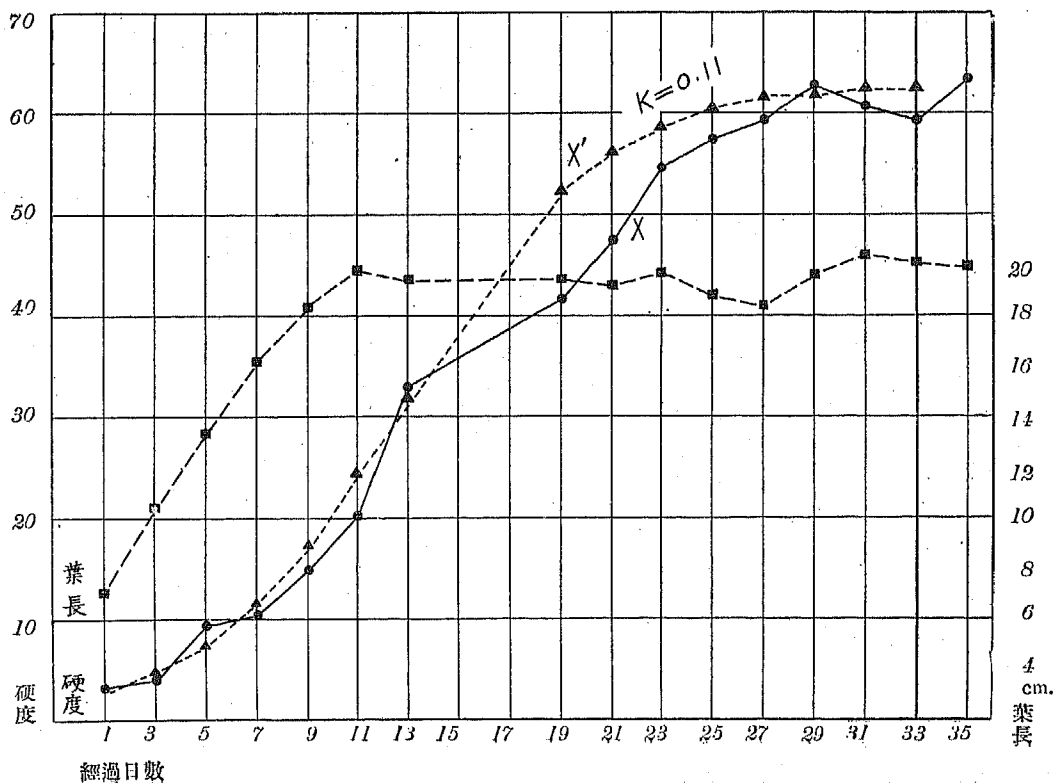
K の平均値 0.11 を得て更に
又 $K=0.11$ として計算値 X' を
得て、實測値 X と對照せり。

15. 日光の遮斷に依る 三原色の變化と硬度

改良鼠返（春秋兼用桑園春蠶
壯蠶期）の全芽に於て其部より
6—7 葉目のものにして、南向
せるものと北向せるものと別つ
て、各 10 枚につき硬度を調査

せる結果、微かに南向の方硬度高き傾向あり。

第二十一圖 葉の長さ及び硬度の生長曲線



第 24 表

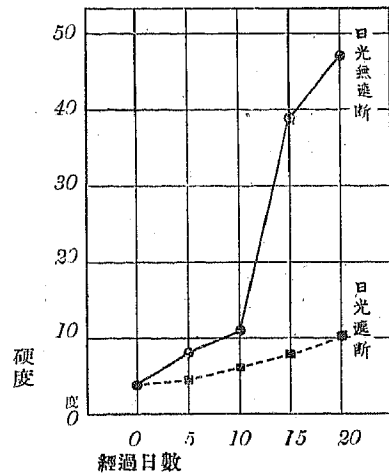
(13. 6. 1935 調査)

供試葉		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
方向												
南	向	37	48	34	30	38	29	35	50	38	40	38±2.15
北	向	31	42	34	33	35	27	35	49	38	34	36±1.85

依つて更に人爲的に日光を遮断して、如何なる變化を生ずるや。

發芽前伐採桑園の魯桑を7月5日先端第2開葉の葉につき其の一部を切り取りて、硬度を調査し、硬度4度のもののみ、40枚を選定し符號を附して、20枚はパトロン紙の袋を以て日光を遮断し、他は對照として放置し、爾後5日目毎に三原色及び硬度を調査して、日光遮断の葉は對照に比して、硬度低く又三原色は黄、青二色共其の數値低き結果を得たり。(第二十二圖參照)

第二十二圖 日光の遮断と硬度



第 25 表

(5. 7. 1935 開始)

區別項目		経過日數				
		0	5	10	15	20
對 照	硬 度	4.0±0	6.2±0.38	11.0±0.64	39.2±0.91	47.0±2.37
	赤	4.4±0.08	4.5±0.13	4.5±0	4.5±0	4.6±0.05
	黄	20.1±0.34	27.8±1.91	33.0±0	36.0±0	39.7±0.43
	青	7.5±0.16	9.7±0.41	10.6±0.11	12.0±0.06	11.5±0.24
日光遮断	硬 度	4.0±0	4.6±0.31	6.6±0.54	8.0±0.30	10.2±0.67
	赤	4.4±0.08	4.3±0.04	4.5±0	4.5±0	4.5±0
	黄	20.1±0.34	23.1±1.70	26.1±0.10	27.6±0.32	27.4±0.08
	青	7.5±0.16	9.1±0.11	10.1±0.17	10.4±0.13	9.0±0.3

III 考 察

桑葉の硬軟に関する飼育試験成績として發表されたるもの多數あるも⁽¹¹⁾、大概先端より何枚目なるかの葉位に依れり。同一葉位の葉にして尙、品種に依り、仕立方に依り、其の硬度の異なる事本研究に見て明瞭なり。

著者の考案せる桑葉硬度計は鋼球落下の瞬間に桑葉を打ち抜き得るや否やを決定し得て、測定に際して、鋼球とサンブラチナ板との間に酸化其他の諸作用を防遏する事に特色を有するものの如し。

葉の厚さ厚きに從つて、硬度の高き事は容易に想像さるる所なるが、1枝條中葉位に從つて測定せる結果に依れば、厚さの差は、硬度の差に比して極めて小にして、厚さ以外に硬度に影響する事の大なる可きを想察せしめらる。

硬度は新鮮葉につき測る事を要す。

硬度測定痕は徑 2 mm. 内外にして葉脈を避くれば 1 葉内 20—30 箇所略々一定の硬度を測定し得。測定痕に於ては其の最大なる強靱度と最小なる毛刺抵抗との中間に在り。

1 枝條中先端の葉より順次硬度を増して、最大限度に至り又更に下部に向ふに従つて低下す。而して此の變異狀態は品種、仕立方に依つて相異せり。改良魯桑、改良鼠返は 1 枝條中極めて基部に近き下部に及んで漸く硬度低き老葉を僅かに得らるゝも、多胡、市平又は春秋兼用に於て春蠶伐採後のものは 7 月中既に、硬度低くして最高の硬度を示し老葉多し。

桑は品種に依つて硬度に差異あり。

軟葉（先端第 2 葉）に於ては、遠洲高助硬度高く、一瀬青木、十文字、改良魯桑、改良鼠返低し。

中葉（全芽の中央部）に於ては、富榮桑、多胡は硬度高きも十文字、鼠返等は低し。

硬葉（基部第 2 葉）に於ては、北堀桑、魯桑等は硬度高く、十文字、多胡は硬度低し。此際多胡の硬度低きは老熟せし爲めに硬度低下せるものなり。

従來諸氏の研究になる桑葉の硬軟に關係ある研究成績を、硬度と對照的に比較せる結果は下記の如し。

強靱度：— 硬度と強靱度とは $+0.69$ の相關を有せり。強靱度は直徑 15mm. の圓形に打ち抜く爲め、葉脈を避くる事困難なり。特に軟葉に於て著し。

毛刺抵抗：— 毛刺の感度は鋭敏にして、其の刺痕極めて小なる故、皮目其の他桑葉組織の特殊狀態の部分の避くる事に注意して計測せば、軟葉の硬度測定に特色を有し硬度との關係顯著なり。

硬軟係數：— 硬度の高きに従ひ、水分を減じて灰分を増す。之れを Ash/H_2O ratio として見るに極めて顯著なる數値を現す事、第十三圖の如し。即ち硬軟の差大なる事、硬度第一位にして硬軟係數之れに次ぎ、灰分は第三位なり。

面積重：— 縮趨甚しき桑葉につき、其の面積測定法として、適切なるもの無き爲め（著者は青肉を以て印刷せるものをプラメーターに依りて測積せるものなるも）面積測定上の誤差と、其の厚薄に依つて生ずる誤差とに依つて十分に其の目的を達し得ざる傾向ありて、本研究中硬度との相關を求めたるものに於ては顯著なる關係を求め得ざりき。

比重：— 假比重は枝條先端の軟葉より順次小となりて、大概 1 内外となり（例外は在るも）下部に向ふに従つて小となる傾向あり。但し品種に依り下部に向ふに従つて小とならず、一旦大となるものあり。（第九表參照）結局硬度との關係につき特記すべきもの無し。

眞比重に於ては殆んど枝條の位置に依る差異顯著に非ずして、假比重の差を生ぜし原因は主として、細胞間隙率の大小に原因せるものゝ如し。

細胞間隙率：— 細胞間隙率は硬度と全く相伴ひて消長し、上部に於ける軟葉は小にして中部より下部に向ふに従つて大なり。是れを品種に依つて見るに市平、多胡等の間隙率は大にして改良鼠返、魯桑等は小なり。細胞間隙に關係あるべき、粉末比重を調査したる結果中葉は小にして硬葉之に次ぎ軟葉最も大なりき。

熟度指數：— 葉綠体の alcohol 浸出に於ても又中葉を最大として變異せるものゝ如し。

以下著者が硬度と特に關係ありと認めて、研究せる事項につき検討せん。

C/N：— 桑樹の C/N につきては未だ發表されたるもの無きも、Hicks⁽¹²⁾ は柳の再生機能を C/N につき研究せり。植物生理機能の検討に資し得らるゝ認識の一方面なりと信ず。本研究に依つて見れば、銅度 4 度のものは C/N 3.85、硬度 45 度のものは 7.05、硬度 69 度のものは 8.23 なり。

粘稠度：— 銅球が桑葉をサンブラチナ板上に壓して終に打ち破るに至る過程に於て桑葉々液

の粘稠度は硬度と密接なる關係ある可き事、容易に想像さるゝ所なり。而して從來桑につき粘稠度を計りたる成績無し。依つて著者は Ostwald viscosimeter を用ひて之れを計りたる結果硬度と密接なる關係ある事を知れり。即ち幼葉、成葉、老葉（枝條の上中下に依る硬、中、軟は寧ろ如此稱呼に改む可きものと認む）につき其の傾向を共にし成葉に於て最大數値を示せり。

電氣傳導度：一 鋼球及サンブラチナは1組の電極をなせり。依つて桑葉を其の間に置ける場合の電氣傳導度も亦硬度に關係すべき事は想察さるゝ所なり。去り乍ら從來桑葉の電導度を計りたる業績無し。著者は前掲の方法に成功し、直接桑葉の電導度を計測したる結果硬度と消長を共にし中葉の電導度最大なる事を知れり。

硬度曲線：一 桑葉は開葉後、日の經過するに従つて其の硬度は高くなり最大限度に至り又順次低下す。横軸に経過日數を取り、縦軸に葉長及硬度を取りて、曲線を描きて對照するに桑葉の生長最大となる時期よりも遅れて硬度最高となり、葉の大きさのみに依つて其の質の判定は期し得ざるものなる事を窺知し得らる。

Robertson の生長恒數を算出せる結果 $K=0.11$ を得たるも、更に實測値 X と計算値 X' を比較對照するに第二十一圖の如く合致せざる部分あり。是れ調査毎に供試物を異にし供試數少き爲めの誤差なりと思料す。

$K=0.11$ の X' 曲線通り硬度が推移すべきものなりとせば、硬度高き部分は供試數を増さざれば誤差大なるべきを思はしめらる。此の方面に對しては更に研究を進め完璧を期せんとす。

日光の遮斷：一 桑葉は日光を遮斷されたる時は、硬度の變化少く、日の経過するに従つて對照に比して、其の懸隔著しく大なるに至れり。

要之、1 枝條中、幼葉、成葉、老葉の順位に其の葉位の示す數値と同傾向の數値を示さず、成葉に於て却つて硬度が最高の數値を示して消長する關係は、硬度以外の諸形質に於ても同傾向を有するもの多き事に見て、飼料的價值判定上、1 枝條中にある桑葉々質の、變異を硬度に依つて知る事の意義ある事を思はしめらる。

總 括

1. 著者が考案せる桑葉硬度計に依つて、測れる硬度と從來發表されし桑の硬軟に關する研究との關係を吟味し、尙進んで此の硬度の理學的意義を検討せり。

2. 桑葉硬度計は一定質量の鋼球を落下せしめ、其の球の打撃に依つて球とサンブラチナの平板との間に在る桑葉を打ち抜く様に裝置せり。而して打ち抜くに要する Energy として其の球の落下せる高さを讀み取りて、硬度となすものなり。其の高さの 1cm. を硬度1度とせり。

3. 1 葉内の硬度は脈を避くれば略々一定なり。

4. 葉の厚さ厚きに依つて硬度大なり。

5. 葉は水分發散と共に硬度は少し低下し爾後時間の経過するに従つて高し。

6. 品種に依り硬度に高低あり。軟葉に在りては山桑系高く魯桑系低し。而して硬葉に於ては織して魯桑系は高く白桑系、山桑系は低し。

7. 1 枝條中幼葉は硬度低く、成葉は最も高く老葉は低し。

8. 比重と硬度との關係は顯著ならざるも、細胞間隙率は硬度と消長を共にす。

9. 強韌度と硬度との相關係數 $r=+0.69\pm0.052$

面積重と硬度との相關係數 $r=+0.17\pm0.097$

10. 軟葉に於ける毛刺抵抗と硬度とは消長を共にす。

11. 熟度指數小なるものは硬度低きもの（幼葉、老葉）と合致し、指數大なるものは硬度大なるものと合致す。

12. 水分減するに従つて硬度高し。
13. 灰分%大なるに従つて硬度高し。
14. 硬軟係数大なるに従つて硬度高し。
15. 窒素%小なるに従つて硬度高し。
16. 炭素%は硬度中位の成葉に於て大なり。
17. C/N 大なるに従つて硬度高し。
18. 比粘度は硬度高き中葉に於て最高なり。
19. 電気傳導度は硬度高き中葉に於て最高なり。
20. 硬度は日の経過するに従ひ $K=0.11$ の生長曲線を成す。
21. 日光の遮斷に依つて日光を遮斷せざる對照に比し三原色中黃色及青色は劣り硬度は低し。

(於 埼玉縣蠶業試驗場)

文 献

1. Davenport (1899) Statistical methods.
2. 大澤一衛 (1915) 桑の品種に依る葉の解剖的差異に就て 蠶業試驗場報告第 1 號
3. Robertson (1923) The chemical basis of growth senescence.
4. 農學會 (1926) 土壤の分類及命名並に土性調査及作圖に關する調査報告
5. 川瀬惣次郎 (1926) 蠶桑化學 蠶絲科學講演集 第一輯
6. 鶴田定平 (1927) 比重測定に依る夏秋蠶用桑の鑑別法 蠶業新報 411 號
7. 岡部康之 (1927) 桑樹の硬度に關する研究 埼玉縣蠶業試驗場報告 第 15 號
8. 松井元太郎、淺井衛 (1927) 電導度測定に交流ガルヴァノメーターの使用並に固定アンモニアの定量 工業化學雜誌 第 354 號
9. 浦本政三郎 (1927) 生物理化學
10. 中根信一 (1928) 桑葉の硬軟に就て 京都高等蠶業學校學術報告 第 1 卷 第 1 號
11. 金崎眞英 (1928) 桑葉の熟度並桑品種と蠶兒發育との關係に就て 長野縣蠶業試驗場報告 第 5 號
12. Hicks (1928) Chemistry of growth as represented by Carbon/Nitrogen ratio. Botanical Gazette vol. 86 No. 2.
13. 井上柳梧、北澤孝一 (1930) 比色に依る桑葉の熟度測定法に就て 蠶絲學雜誌 第 2 卷 第 2 號
14. 遠藤保太郎 (1930) 桑樹實驗法
15. 八木誠政、小泉清明 (1931) 函數生物學
16. 中島茂 (1931) 桑葉の生長に伴ふ理化學的變化並に其飼料的價值
長野縣蠶業試驗場報告 第 14 號
17. 塩入松三郎、奥田東 (1932) ケルダール窒素定量裝置の改良に就て
農事試驗場彙報 第 2 卷 第 1 號
18. 綿織理一郎 (1932) 植物水分生理
19. 東京帝國大學農學部 (1932) 農藝化學分析書 第一編 第 11 版
20. 五十畑正平 (1934) 桑樹の生長と生長に伴ふ葉綠素吸收量の變化
21. 中島茂 (1934) 桑葉々質論

(受理 昭和10年7月20日)