

桑の多目的利用に関する研究

(1) 桑樅利用における樅成分、とくに糖・酸度、pH等の消長とその品種間差異

押金健吾・牧田行正

現今における蚕糸情勢は厳しく、その振興策は業界ならびに蚕糸科学に従事するものの焦眉の課題である。今後繭の生産性向上を中心とする諸対策を積極的に進め、高能率、低コスト養蚕経営の確立が要件とされている。

これらの中にあつて養蚕経営上必須の場である桑園の栽培技術を軸とした多面的な利用法は桑の再生産を経営に導入する上で必要なことと考える。桑園経営の主目的は蚕児唯一の飼料である桑葉の生産にあるが、他方桑園から生産される桑条、残桑、桑株および桑樅等は年間を通じかなりの量にのぼり、それら副産物は見逃し難い有効資源でもある。このような桑園副産物を科学的に利用することは養蚕経営を側面から支えるとともに蚕糸情勢の衰退化防止の一策ともなり、その効果は大きいものと考えられる。

従来、桑園の副産物利用に関する研究例をみると、桑幹、枝条、根株による製炭、家具類、民芸品、^{3, 8)} ^{4, 15)} ¹⁵⁾ 医薬品(血圧降下剤)、^{6, 9)} ^{7, 10)} ¹¹⁾ 桑条利用による製紙、パルプ原料、^{18, 5, 17)} 桑茶、残桑の家畜飼料化および桑葉の桑茶、^{12, 16, 17, 20)} ¹⁵⁾ ²⁾ ¹⁴⁾ 医薬剤(糖尿病)、そして桑樅の食品加工化等がある。

著者らは桑樹の保持するこれらいくつかの特性を活かした供用別高度利用(多目的利用)の開発研究に着手し、今日に及んでいる。まづ再利用の中で考えられる桑樅については、高橋(1935)により生食、¹⁴⁾ 食品加工への利用法、¹⁸⁾ J. R. Smith(1953)による生食および家畜飼料(養豚)の報告や、基礎的研究として山本(1934)による桑樅色素および有機酸の研究、¹⁹⁾ ¹⁾ F. Andersonによるアフガニスタン産桑樅の成分分析の研究等があるにすぎない。

因つて本研究は桑樅利用の実用化に向け基礎的研究として桑樅成分のうち糖・酸度、pH等の理、化学的分析を行ないその品種間差異を明らかにするとともに、食品加工並びに家畜飼料化への可能性と桑本来の桑葉生産との合理的複合形態を推進するための基礎資料とした。

材料および方法

供試桑品種は信大繊維学部附属農場に栽植されている次のものを用いた(図1)。

- (1) 一の瀬：樹令約40年、喬木(A)，樹令10年、立通し(B)
- (2) 扶桑丸： “ ， “ ， “ 3年， “
- (3) 清十郎： “ ， “ ， “ ， “
- (4) 水沢： “ (A)

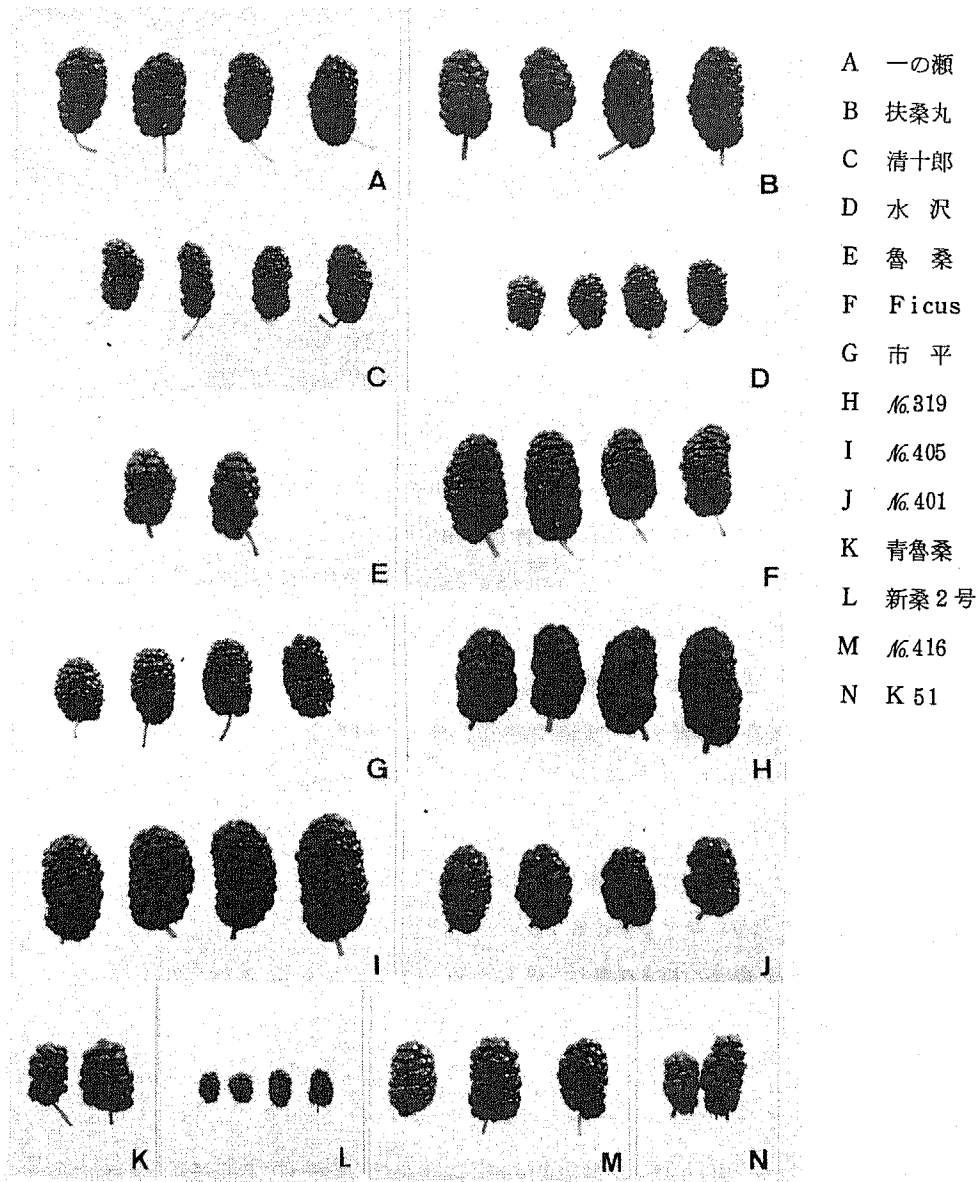


図1. 供試桑椹品種

- (5) 魯桑：樹令約10年 (B)
- (6) 青魯桑： " "
- (7) Ficus： " 5年 (B)
- (8) 市平： " 25年 (A)
- (9) 新桑2号： " 15年 (B)
- (10) №319 (2x × 4x)：樹令約25年 (A)

- (11) №405 (ラージ・4x) : 樹令約25年 (A), 樹令4年, 立通し(B)
 (12) №401 (4x) : 樹令約20年 (A)
 (13) №416 (一の瀬・4x) : 樹令15年 (B)
 (14) K51 (4x×毛桑系4x) : 樹令25年 (A)

計 14品種 (2x・7品種, 3x・3, 4x・4)

これら各品種における自然交雑後の榎を熟度別に6段階 (Stage 0 ; 受粉後の白榎, st.1 ; 受粉後の青榎, st.2 ; 各小仮果間が赤色に着色し始めた青榎, st.3 ; 着色が進み小仮果の頂点部分が青斑状に残るもの, st.4 ; 淡紅色榎で完全に色づき、全体に各小仮果が膨らみつやを帯びてきているもの, st.5 ; 赤榎で全体に赤く、小仮果の頂点部分が紫色になり始めたもの, st.6 : 熟榎で全体に濃紫色になり完全に熟したもの)に分け雨中、雨後をさけて採集した。

採集した榎は各品種、各Stageごとに生体重 (単重)、乾物重 (単重)、水分含量、全糖、澱粉含量、果汁酸度およびpH、果汁糖度、果汁率について秤量、測定を行なった。

- (1) 生体重、乾物重、水分含量の測定は各品種、各Stageごとに10個の榎を採集し、生体重は直ちに、乾物重は90~100°Cで2~3hr (Stage 0~3のもの)ないし4~6hr (st.4~6) 熱風乾燥器で完全に乾燥後秤量を行ない、さらに水分含量を算出した。
- (2) 果汁酸度、pH、糖度、果汁率の測定は、大榎で30個、小榎で80個を採り市販のジューサーでしぼり、冷蔵庫中に一昼夜静置保存しその上澄液について測定した。果汁酸度は果汁1.82mlをとり0.2N NaOH溶液を用いた中和滴定法で測定し、クエン酸として表示した。果汁糖度は屈折糖度計により、果汁pHはpHメーターにより測定した。果汁率は採取した榎を秤量し、搾った果汁をメスシリンダーで測り、榎重 (生体重) 10g当りに対する果汁量で表示した。
- (3) 全糖、澱粉含量の測定には40個の榎を採集し、直ちに90~100°Cで1hr熱風乾燥処理後60°C 4~6hr乾燥を行ない粉末としたものをさらに80°Cで約6hrの乾燥後0.1~0.2gを秤り分析試料とした。糖は試料に80%エタノール溶液5mlを加え10分間煮沸温湯中で抽出した。澱粉は糖抽出残渣に0.7NH₂SO₄溶液10mlを加え煮沸温湯中で60分間熱し、酸分解を行なった後、糖・澱粉抽出液をそれぞれ常法にしたがって処理し、定容後アンソロン硫酸法により620mmの波長で比色分析を行ない、その結果より検量線を用いて全糖量、澱粉量を求め、乾物における全糖、澱粉含量を算出した。また生体重における全糖ならびに澱粉含量は、生体重 (単重)、乾物重 (単重) の値いと乾物における全糖、澱粉含量の値より計算し求めた。

試 験 結 果

- (1) 生体重および乾物重 (単重) の品種別推移

生体重の推移は各品種ともStage5の頃より急激に増加し、とくにFicus、№319はこの傾向が顕

著であった(図2)。

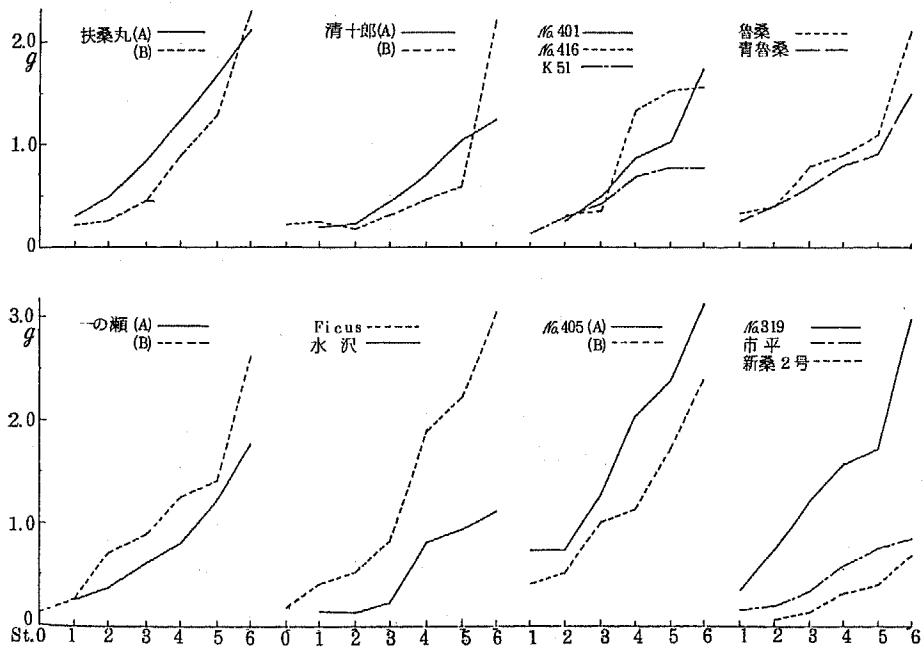


図2. 生体重の品種別推移

st. 6における品種別の重量は、№319、№405(A)、Ficusが2.9～3.1g、一の瀬(B)、№405(B)、扶桑丸(B)、清十郎(B)、扶桑丸(A)、魯桑、一の瀬(A)、№401が1.7～2.6g、一の瀬(4x)、青魯桑、清十郎(A)、水沢が1.1～1.5g、市平、K51および新桑2号が0.6～0.9gとなった。

乾物重(単重)は概して生体重と同じ傾向を示しているが、st.5の頃より急激に増加する傾向はより顕著になっている(図3)。

(2) 水分含量の品種別推移

水分含量の推移は(図4)、概してstage2の頃で最少となり、st.4の頃より増加し、st.5末期で極大となる。品種別にみるとK51、青魯桑、魯桑、新桑2号、市平では上記の傾向をあまり示さず、とくに軽量品種と目される市平は全stageを通じて水分含量の変化がほとんどみられない。

stage.6における品種別の水分含量は、清十郎(B)、Ficusが多く90%域、水沢、№319、魯桑、№405(A.B)、青魯桑、新桑2号、№416、№401、市平、清十郎(A)、扶桑丸(B)が約85～89%、扶桑丸(A)、K51、一の瀬(A.B)が約82～85%と少なかった。

(3) 果汁糖分および酸度の品種別推移

果汁糖度は(図5)stage4頃より漸増、st.5附近から急増し、st.6で最多となる。品種別ではK51、市平が各stageを通じて高く、Ficus、清十郎(A)が低い値を示した。

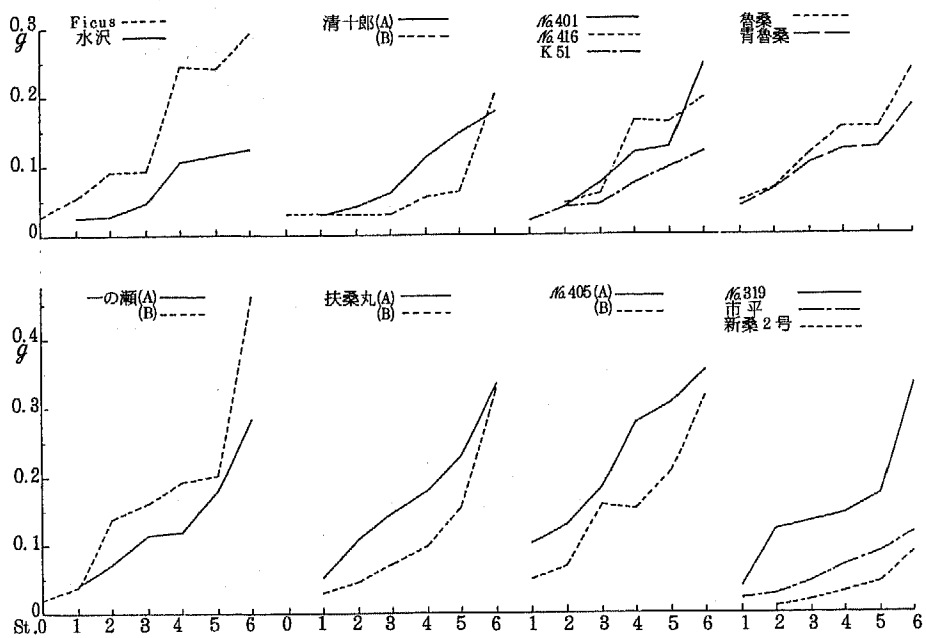


図 3 乾物重の品種別推移

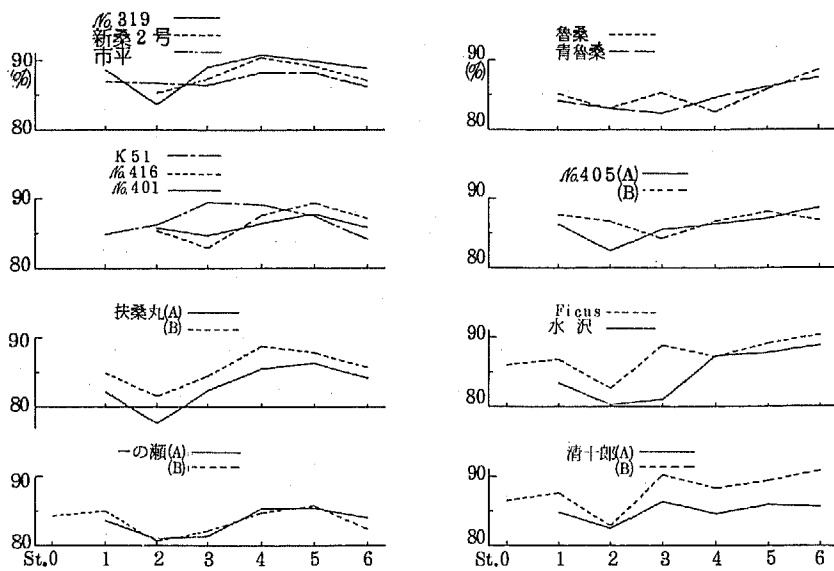


図 4 水分含量の品種別推移

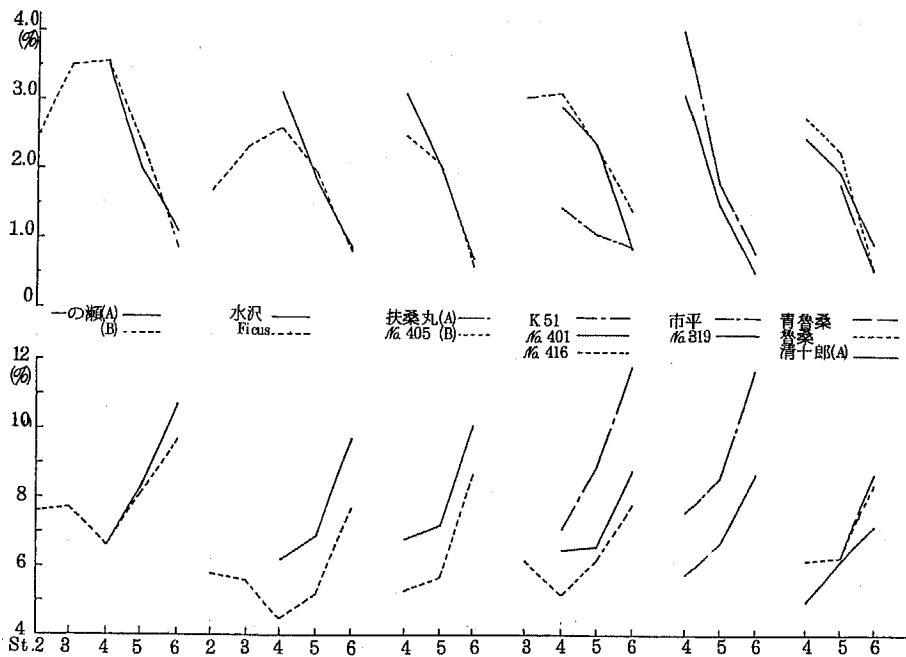


図5. 果汁糖度・酸度の品種別推移
 上段 酸度(クエン酸換算量)
 下段 糖度

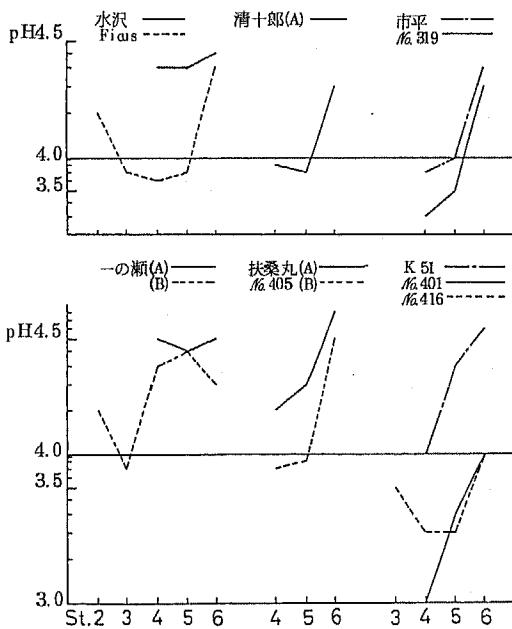


図6. 果汁pHの品種別推移

stage 6における果汁糖度はK 51、市平が

11.6～11.8%、一の瀬(A)、扶桑丸(A)、一の瀬(B)、水沢が9.7～10.7%、№401、№405(B)、№319、青魯桑、魯桑が8.4～8.8%、一の瀬(4x)、Ficus、清十郎(A)が7.2～7.8%という値を示した。

果汁酸度(図5)は、各品種ともstage4をピークに、st.5～6と果汁糖度の増加にともない急激に低下する。stage6における品種別差異をみると、果汁酸度の高いものに№416、一の瀬(A)、低いものに№319、№405(B)などがあった。多くの品種は0.5～1.0%範囲の値を示し、№416、一の瀬(A)は1.0～1.5%の値を示した。

(4) 果汁pHの品種別推移

果汁pHの変化(図6)をみると、水沢、一

の瀬(A)のようにあまり変化のないものや、№319、№401、№405(B)にみられる stage 4～5 附近から急激に高まるものなど変化がみられる。№416 と №401 は全 stage を通じて明らかに他の品種より低くなっている。

stage 6 における品種別 pH をみると、扶桑丸(A)が 4.8 と高い値を示し、K 51、一の瀬(A)、ラージ(4x・B)、水沢、市平、Ficus、一の瀬(B)、№319、清十郎が 4.2～4.6、№401、一の瀬(4x)が 3.9～4.0 と上記のように低い値を示した。

(5) 果汁率の品種別推移

果汁率の品種別推移は(図7)、№319、K 51 のように余り変化がないものを除き、他品種では stage 4～6 と増加している。

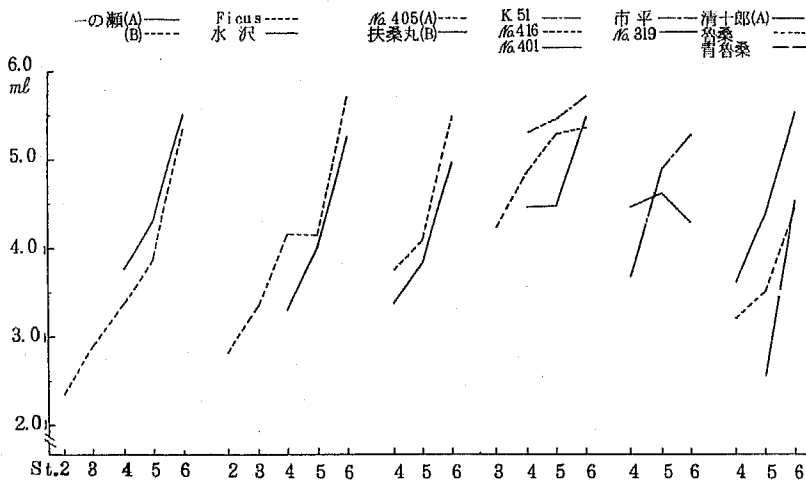


図7. 果汁率の品種別推移

stage 6 においてその高いものは、Ficus、K 51 で 5.7 ml、清十郎(4)、一の瀬(A)、№405(B)、№401、一の瀬(B)、№416、市平、水沢が約 5.5～5.3 ml、扶桑丸(A)が約 5.0 ml、青魯桑、魯桑が約 4.5 ml、№319 が最低の約 4.3 ml であった。

(6) 果汁糖度と果汁酸度の品種別相関

果汁糖度と果汁酸度との相関を品種別にみると(図8)、K 51、№319 が特異的であった。すなわち K 51 は糖度の増量変化(st. 5～6)が極めて大に比し、酸度変化が非常に小さく、その相関は垂直型となるが、№319 は逆に糖度の変化が酸度の推移に比して小さいためその相関は横斜型となっている。また市平は糖度、酸度ともに stage 4～6 に至る間でその変化が大きく、両者のほぼ中間的であるなど、各品種はそれぞれ固有の相関推移を示している。

(7) 全糖含量ならびに澱粉含量の品種別推移

初に澱粉含量(図9.10)は全品種、全 stage において乾物%にして約 8～10%、生体重%で約 0.5

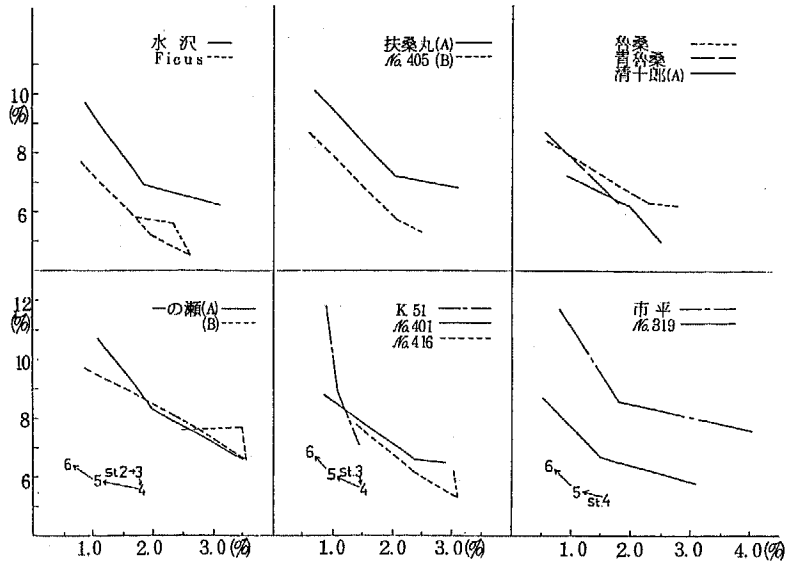


図 8. 果汁糖度と酸度の品種別相関 (糖度…縦軸、酸度…横軸)

1.5%の値をとり、stage4 からst.6にかけて微増する傾向はみられるが、各stageを通じ殆んど変化はみられない。

これに対し全糖含量 (図 9.10) では激しい品種間変化がみられ、stage4 の頃から漸増し、st.5 附近で急増、st.6 で最多となった。

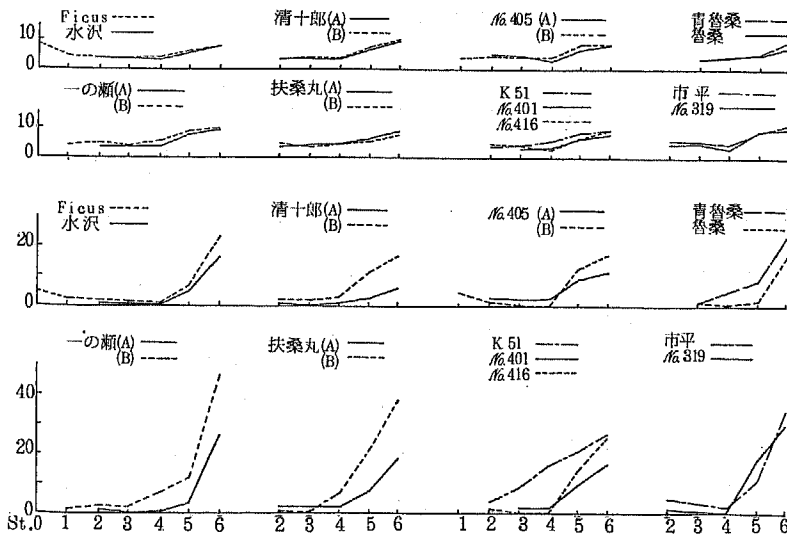


図 9. 全糖含量および澱粉含量の品種別推移 (乾物重%) (上段…澱粉含量、下段…全糖含量)

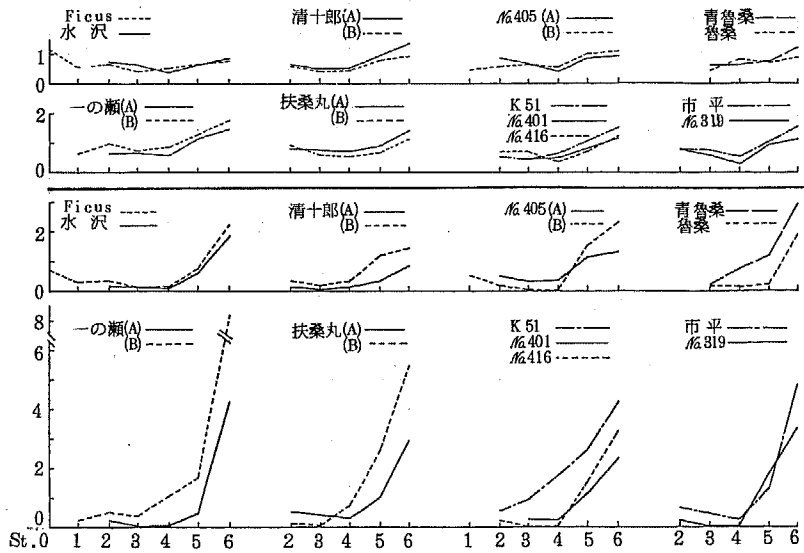


図 10. 全糖含量・澱粉含量の品種別推移（生体重％）

stage6 における全糖含量（生体重％）の品種間差異は、一の瀬(B)が最も高く 8.19％、ついで扶桑丸(B)、市平、K 51、一の瀬(A)の順位で)で 4.2～5.5％、№319、№416、扶桑丸(A)、青魯桑では 2.9～3.4％、№401、№405(B)、Ficus、魯桑、水沢では 1.8～2.4％、清十郎(B)、№405(A)、清十郎(A)では 0.8～1.5％の値を示した。

考 察

信州大学繊維学部附属農場に栽植されている既成ならびに育成倍数性桑樹を供試した桑椹の理、化学的性状について品種別差異を調査してきたが、桑の多目的利用に関する桑椹利用の対応性について考察してみたい。桑椹利用のなかで第 1 に考えられる食品加工化への可能性を検討する場合、桑椹特有の味覚が主要な決め手となる。

そこで上記の実験結果から、桑椹における全糖含量（生体重％）、果汁糖・酸度等主要形質をまとめ（表 1～2）、その総合的な判定結果から品種の特質を利用度に合せ列記すれば次の通りである。

これらのなかで、全糖含量、果汁糖度、果汁酸度、果汁率が高く、果汁 pH の低いもの、そして生体重、乾物重の重いものをそれぞれ優良な品種と仮定した。また、全糖含量と果汁糖度については、その実験方法から全糖含量の測定値の方がより忠実に甘味を表わしていると思われるので、前者に後者より重きをおいた。

(a) 一の瀬：果汁糖・酸度、果汁率、生体重とも中程度、果汁 pH はやや高く、乾物重が重い。全糖

表1. 熟椹における全糖含量の品種別比較

全糖(生体重%)	(A) 喬木	(B) 立通し
8.0 — 8.5		一の瀬
5.0 — 5.5		扶桑丸
4.5 — 5.0	市平	
4.0 — 4.5	K 51, 一の瀬	
3.5 — 4.0		
3.0 — 3.5	瓜 319	瓜 416
2.5 — 3.0	扶桑丸	青魯桑
2.0 — 2.5	瓜 401	瓜 405, Ficus
1.5 — 2.0	水沢	魯桑
1.0 — 1.5	瓜 405	清十郎
0.5 — 1.0	清十郎	

表2. 熟椹における各成分の形質の品種別比較

(1) 全糖含量、果汁糖度、果汁率

	生体重(図2) 0.2 g		乾物重(図3) 0.025 g		果汁酸度(図5) 0.06%		果汁 pH (図6) 0.1	
	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
重 い	405 819	Ficus	405 819, 扶桑丸	一の瀬	高い	416	低い	
		一の瀬 405, 扶桑丸	一の瀬 Ficus	扶桑丸, 405 Ficus	一の瀬		416 401	
中 程 度	扶桑丸 一の瀬, 401 清十郎	清十郎, 魯桑 416, 青魯桑	401 清十郎	魯桑 清十郎, 416 青魯桑	中 程 度	清十郎 K51, 水沢 401 市平 扶桑丸	中 程 度	清十郎, 819 市平 水沢 一の瀬 406
軽 い	水沢 市平 K 51	新薬2号	水沢, K51, 市平 新薬2号		低 い	405, 魯桑 青魯桑	高 い	扶桑丸

(2) 生体重、乾物重、果汁酸度、果汁 pH

	全糖含量(図10) 0.5 %		果汁糖度(図5) 0.5 %		果汁率(図7) 0.15 ml	
	(A) 喬木	(B) 立通し	(A)	(B)	(A)	(B)
高 い	市平 K 51, 一の瀬	一の瀬			K 51	Ficus
		扶桑丸	K 51, 市平		清十郎, 一の瀬 401 市平, 水沢	405 一の瀬, 416
中 程 度	819 扶桑丸	416	一の瀬 扶桑丸 水沢	一の瀬	扶桑丸	
		青魯桑				
低 い	401 水沢 405 清十郎	405, Ficus 魯桑 清十郎	401, 819	405, 青魯桑 魯桑 416, Ficus		青魯桑 魯桑
			清十郎		819	

含量はきわだって高く、取扱上果皮が薄い欠点はあるが有望な品種と考えられる。

(b) 市平：果汁酸度、果汁pH、果汁率とも中程度、生体重、乾物重が軽い。しかし全糖含量、果汁糖度が高く、3x品種のため種子がない特質を有し、この特質を生かした利用が考えられる。

(c) 一の瀬(4x)：全糖含量、果汁率、生体重、乾物重とも中程度。果汁糖度は低く、全糖含量の品種間比較との間に大きな差がみられるので再調査を必要とするが、果汁酸度が最も高く、果汁pHが最も低いことから酸味が十分にあると思われるので、この特質を生かした利用が考えられる。

(d) K51：市平と同様な傾向を示す。生体重、乾物重が軽く、果汁酸度、果汁pHとも中程度で全糖含量、果汁糖度、果汁率とも高い。しかし自然状態で果汁が果皮外ににじみ出るほど果皮が薄いため、取り扱い上に問題が残る。また熟楢前に落果(stage4頃)する欠陥がある。

(e) 扶桑丸：全糖含量、果汁糖度、生体重、果汁酸度とも中程度で乾物重は重い。しかし果汁pHが最も高いことから、あまり酸味が感じられず、果汁率も低い。そのため生食、果汁利用には不適と思われる。

(f) №319：全糖含量、果汁pHは中程度、生体重、乾物重とも重く大果豊産形の品種である。しかし果汁酸度が最も低く、果汁糖度も低い。さらに1個の楢(集合仮果)のなかで、それぞれの小仮果の熟期が不斉一のため完熟前に未熟部分を赤くまだら状に残し落下するものが多くしかも果汁率が最も低い。したがって生食、果汁利用には不適と考えられる。

(g) Ficus、№405：全糖含量、果汁糖度とも低く、果汁pHは中程度。果汁酸度は№405が低く、Ficusは中程度である。しかし生体重、乾物重とも重く、所謂大果豊産形の品種である。果汁率は№405は中程度、FicusはK51と同様最も高く、他品種に比べ、成熟しても落下しにくく、果皮が厚いため取り扱い易いことなどから、他の全糖、果汁糖度、果汁酸度の高い品種と混合して使用することが考えられる。

(h) 水沢、№401、清十郎：全糖含量が低く、果汁酸度、果汁率とも中程度である。果汁糖度は水沢が中位、№401、清十郎ともに低い。果汁pHは№401が低いが、水沢、清十郎は中位。生体重、乾物量は水沢が軽く、№401、清十郎とも中程度である。№401における果汁pHの低いのが特徴。清十郎は全糖量、果汁糖度とも全品種中最低で、殆んど甘味を感じなく、他品種に比較し形質的に劣るものと考えられる。

上記の通り、楢成分の質・量的変化の最たるものは品種であり、これに仕立、栽培法等環境条件の付与が楢の高度利用(食品加工、家畜飼料)への可能性を拓くものとする。また桑楢成分のなかで、糖度と酸度との適配合それにpH等が質的関与の主条件であるとともに、楢の量的形質(大果豊産)がそれらを助長させるばかりではなく、桑葉収穫との組合せによる複合形態へと連動させることが多目的利用向上への道でもある。

摘 要

信大繊維学部附属農場栽植の桑椹用 14 品種 (2x7、3x3、4x4 品種) について、熟度別 6 段における各 stage ごとの成分、形質を秤量、測定し、その品種別比較を行ない次の結果を得た。

(1) 生体重、乾物重は stage 5 (赤椹) の頃より急激に増加し、№405、№319、Ficus 等は重く、新桑 2 号、K 51、市平等の各品種は軽量であった。

(2) 水分含量の推移は概して stage 4 (淡紅色椹) の頃より増加し、赤椹末期に極大となった。Ficus 清十郎等は st. 6 において多く、一の瀬、扶桑丸等は少なかった。

(3) 果汁糖度は stage 4 の頃より漸増、st. 5 付近から急増し、st. 6 で最多となった。K 51、市平等は多く、清十郎、Ficus 等は少なかった。

(4) 果汁酸度は stage 4 をピークにして st. 5、6 と果汁糖度の増加にともない急激に低下する。№416、一の瀬 (2x) 等は高く、№319、№405 等は低かった。

(5) 果汁 pH はあまり変化のないもの (水沢) や stage 4~5 附近から高まるもの (№319) などがあつた。扶桑丸は比較的高く、№416 は低かった。

(6) 果汁率は stage 4~6 と増加し、K 51、Ficus は高く、№319 は最低であった。

(7) 澱粉含量は各 stage を通じほとんど変化がみられなかった。

(8) 全糖含量は stage 4 の頃から漸増し、st. 5 で激増し、st. 6 で最多となった。その品種間差異は一の瀬が生体、乾物重とも最多となり、清十郎が最少であった。

本試験は文部省科学総合研究費により行なつたもので、当局に対し深甚なる謝意を表わす。
また、本研究の一部は日本蚕糸学会昭和 56 年中部支部発表会において報告した。

文 献

- 1) Anderson, F. T. : アフガニスタン桑椹の分析、J. R. Smith 著、賀川豊彦訳著 (1953)、立
体農業の研究、P 124
- 2) 井上吉之、橘 宏 (1938) : 桑葉の医薬的利用について、日蚕学、9, 1
- 3) 柁山文雄 (1930) : 簡易製炭法、兵庫蚕報、7
- 4) 諸戸北郎 (1909) : 木材の強弱試験、林試報、6
- 5) ——— (1909) : 木材の理化学的性質の研究、林試報、6
- 6) 大石寅造 (1941) : 桑根皮の血圧降下作用について、蚕試彙、59
- 7) 岡部康之 (1933) : 製紙原料用桑条白皮の桑品種別調査、蚕界、502
- 8) 鈴木林丸 (1934) : 桑株製炭法
- 9) 鈴木文助、作間恒生 (1941) : 蚕試彙、59

- 10) 鈴木広吉(1940) : 手剝による桑枝条の剝皮に関する調査、蚕試彙、55
- 11) 志方益三(1939) : 桑条パルプの研究、蚕試彙、54
- 12) 佐々木林治郎(1938) : 家蚕蛹及桑葉の養兔飼料としての価値、蚕試彙、52
- 13) Smith.J.R (賀川豊彦訳、1953) : 立体農業の研究、恒星社厚生閣
- 14) 高橋伊勢次郎(1935) : 養蚕農家の副業
- 15) 高木一三(1952) : 栽桑学
- 16) 栃木県蚕業試験場(1937) : 蚕沙及落葉前の桑葉を家畜飼料として利用に関する試験、栃木蚕報、2
- 17) 渡辺綱男(1941) : 蚕繭類新規利用について
- 18) ——(1944) : 桑蚕浞皮の利用に関する研究、蚕試彙、62
- 19) 山本喜久雄(1934) : 桑の実の色素と有機酸について、農化誌、10、1046~1052.
- 20) 吉村清尚、岩田武志(1936) : 落葉期における桑葉の成分について、日蚕学、7、2