

カンキツにおける組織・器官の成熟老化に伴う体内成分の動態(1)

誌名	福岡県農業総合試験場研究報告. B, 園芸 = Bulletin of the Fukuoka Agricultural Research Center. Series B, Horticulture
ISSN	02863030
著者	大庭, 義材 津田, 勝男 松本, 和紀
巻/号	9号
掲載ページ	p. 53-56
発行年月	1989年11月

カンキツにおける組織・器官の成熟老化に伴う体内成分の動態 (第1報) カンキツ種子の発芽に伴う子葉内成分の動態

大庭義材・津田勝男・松本和紀
(園芸研究所果樹部)

ナツダイダイ実生の生育を播種後から80日目まで追跡するとともに、生育に伴う体内成分のぶどう糖、果糖、しょ糖などの糖類、並びにでんぶんの動態を調査した。種子は2日で発根、7日で発芽し、10日目には展葉し始め、30日目までは生育が緩慢であった。しかし、その後生育は徐々に速まり、80日目には展葉数が8枚の実生となった。発芽に伴って、子葉中の貯蔵養分の脂質は、でんぶんに変換され、さらにぶどう糖、果糖、あるいはしょ糖となって新生殖器へ転流し、播種後30日目ころから子葉内養分は急速に減少し、40日目にはほとんどなくなった。40日目以降は、生育に必要な養分は新生の葉によって供給されるようになった。

子葉における播種後のでんぶん合成は、胚の有無に関わらず起こったが、養分のシンクとなる胚がない場合養分は子葉内に蓄積した。根や枝梢などの新生殖器は、生育が進むに伴って体内成分が変化した。若い器官ではでんぶんやしょ糖とともにぶどう糖や果糖の割合が高かったが、器官が成熟するに伴ってでんぶんの割合が高まり、ぶどう糖や果糖の割合は減少した。

[Keywords : citrus, organ, cotyledon, aging, sugars]

緒 言

カンキツ樹では、春に発芽した新梢は夏から秋に養分を体内に蓄えて充実し、2年目に開花結実する2年1サイクルの2年生植物と同じ生育周期を示す。しかし、樹全体では枝、葉などの栄養器官の生長と花や果実の生殖器官の生長が混在し、ほぼ同時に進行して、両生長の区分は明瞭ではなく、1、2年生植物の生育周期と異なる³⁾。このことが栽培管理を困難にしている要因の1つとなっている。栽培管理では、この2つの生長のバランスを保ち、葉における光合成能力を高めるとともに、光合成産物の果実への分配を高める技術が高品質果実の安定生産につながる。光合成産物の供給や分配バランスが乱れると、隔年結果現象や果実品質の低下を招く。

本研究は、カンキツの生育ステージにおける光合成産物の供給と分配の動向を明らかにして、その調節技術の改善を図ることを目的として行ったものである。光合成産物の分配や動向については、久保田²⁾や門屋¹⁾らがウンシュウミカンについて、¹⁴Cを利用して行った報告がある。しかし、器官の成熟や老化の視点から体内成分の動態をみた事例はない。

ここでは、カンキツ樹を構成する器官の成熟や老化に伴う体内成分の動態を把握する基礎として、種子の発芽から新生殖器の形成に伴って起こる貯蔵養分の消費から新生殖器への転流蓄積の過程を調査し、知見が得られたので報告する。

試 験 方 法

試験1 種子の発芽・生育条件並びに生育調査

1987年6月4日、ナツダイダイ種子の外種皮と内種皮をピンセットで剥ぎ、ろ紙を敷いた9cmシャーレーに播種し、温度が25℃、暗黒の室内で4日間胚分離培養した。根が1cm程度に伸長した実生をパーミキュライトを詰めた1万分の1アールのワグネルポットに6月8日に移植した。

実生は自然光で、温度が昼間25℃12時間、夜間20℃12時間に設定したガラス室内で育成した。施肥は移植後、5~7日間隔でハイポネックス(N-P-K:6.5-6-19%)2,000倍液を施用した。生育調査は、播種時及び播種後1, 3, 5, 10, 20, 30, 40, 80日目に実生の形態的变化を追跡するとともに、各器官を部位別に解体して、生育量を生体重と乾物重で表した。また、各生育調査時期に解体した子葉、根、葉、枝梢は2~3mm程度に細切りして、0.5~1.0g秤量し、ぶどう糖、果糖、しょ糖を80%アルコールで2回抽出した後定量し、その残査からでんぶんを定量した。定量はF-キット(BMY)のぶどう糖/果糖、ぶどう糖/しょ糖、並びにでんぶんの3種のキットを使用した酵素法³⁶⁾で行った。これは糖に特定の酵素を反応させ、その反応系で生じるNADHまたはNADPHを分光光度計を用いて、紫外部340nmでの吸光度を測定し、その値から乾物重当たりの含量を算出する方法である。

試験 2 種子の発芽に伴う子葉のでんぷん反応調査

1987年8月9日、試験1と同様な方法でナツダイダイ種子を9cmシャーレに播種し、8月14日に1万分の1アールワグネルポットへ移した。なお、種子の発芽における子葉内のでんぷん生成条件をみるため、種子の胚をピンセットで除去した子葉を同様な条件下で置床した。また、生育条件は試験1と同じ温度条件で、自然光を当てる区と暗黒区を設けた。

置床後の子葉内のでんぷんの変化は、置床後1, 3, 5, 10, 30日目の子葉をマイクロスライサーで50ミクロンの厚さに切断し、ヨードグリセリン(グラム液:グリセリン, 1:10)に浸漬した⁹⁾。ヨードグリセリンによる発色程度を-:デンプン粒無, +:部分的に有, ++:子葉全体に有, +++:全体に黒, ++++:全体にかなり黒く発色の5段階に区分してでんぷん量を調査した。

結果及び考察

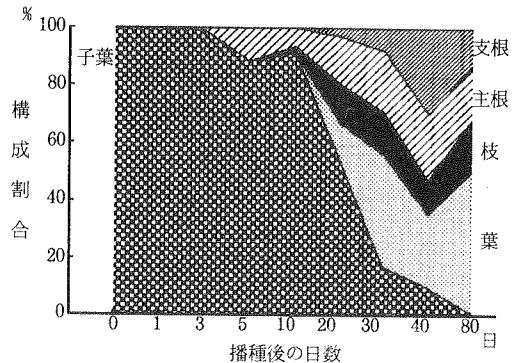
1 播種後の実生の生育

第1図は発芽後の器官別構成割合の推移を示したものである。播種した種子は、2日目頃から根が伸長し始め、上胚軸は7日目頃から伸長し始めた。第1, 2葉は10日目頃から同時に展開し始め、第3葉は30~40日目頃現れた。その後、実生は地下部と地上部が交互に伸長を繰り返しながら、80日目には8枚前後展葉した。支根は幼根が数cmに伸長した主根から分岐して発生し、その後支根が伸長すると2次支根が分岐した。

播種後の子葉は、生体重が約135mg、乾物重84mgであったが、吸水によって含水率が38%から81%まで高まり生体重が増加したが、乾物重は徐々に減少し、播種10日目に約70mg、20日目に35mg、そして30日目には約15mgまで減少した。

一方、発根に始まる新生器官の生育によって、地上部の枝梢や葉と地下部の根の重量は徐々に増え、実生の乾物重は、播種10日目7mg、20日目31mg、30日目62mgとなった。その後急速に増加して40日目には166mgとなり、80日目には1,048mgとなった。

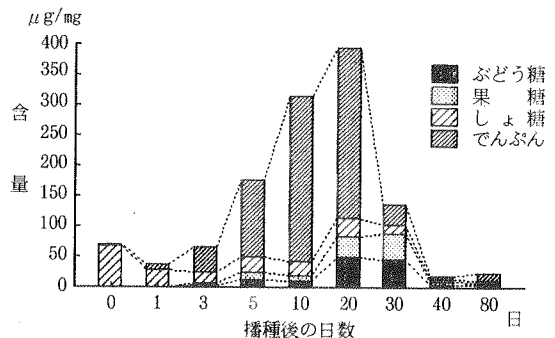
実生の生育は、地下部の根が地上部の枝葉の生育に先行して乾物重は高く推移したが、播種80日目には実生全体に占める各部位の割合は、子葉1.3%、葉48.4%、枝梢18.6%、主根18.5%、支根13.2%で、葉の占める割合が高くなった。これら種子の発芽に伴う各部位の乾物重の変化から、播種後20~30日目が生育の転換期と考えられる。



第1図 種子の発芽に伴う器官別構成割合の推移

2 生育に伴う子葉内成分の変化

第2図は種子の発芽に伴う子葉内成分の変化を示したものである。播種時における子葉内の糖類の含量は、しょ糖が69 $\mu\text{g}/\text{mg}$ でもっとも多く、ぶどう糖や果糖は共に1~2 $\mu\text{g}/\text{mg}$ とわずかであった。しかし、子葉が吸水し、発芽するとしょ糖含量は減少し、ぶどう糖、果糖並びにでんぷんの含量が増加した。でんぷん含量は、播種後徐々に増加し、播種後10日目から20日目に最も高い濃度270~280 $\mu\text{g}/\text{mg}$ となり、その後30日目に35 $\mu\text{g}/\text{mg}$ 、40日目には6 $\mu\text{g}/\text{mg}$ となり急速に減少した。ぶどう糖と果糖の含量は、播種後20日~30日目にかけて40~50 $\mu\text{g}/\text{mg}$ と最も高い濃度となったが、その後急速に減少し、播種40~80日目には5 $\mu\text{g}/\text{mg}$ 前後まで減少した。しょ糖の含量は、播種後1日目から20日目まで20~30 $\mu\text{g}/\text{mg}$ の濃度であったが、30日目約15 $\mu\text{g}/\text{mg}$ 、40~80日目には約5 $\mu\text{g}/\text{mg}$ に減少した。



第2図 種子の発芽に伴う子葉内成分の変化

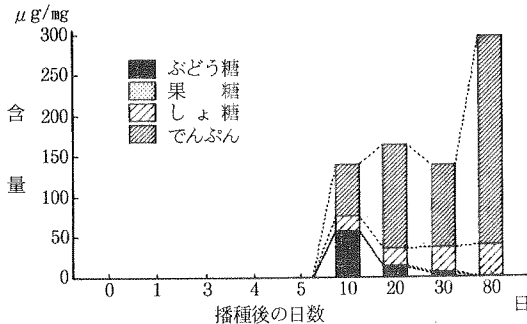
カンキツ類種子の子葉内に含まれる貯蔵養分は脂質で、播種後の吸水とともにでんぷんに変換され、一時子葉内に蓄積される。その後、しょ糖、ぶどう

糖、果糖等に変換されて、根や枝梢の新生器官に送られると考えられる。この現象は、脂質を貯蔵養分とするココヤシの発芽でも認められている⁹⁾。でんぷんへの変換は、播種後5日目から急速に増加し、20日目にピークに達し、その後は新生器官への転流が盛んに行われて、子葉内養分は急速に減少する。

播種後30日目は、子葉内養分の転流により新生器官の重量が増すことから、生育に必要な養分の供給が子葉内養分から新生の葉における同化養分へ代わる、生育の転換期と考えられる。

3 新生器官の生育と体内成分の変化

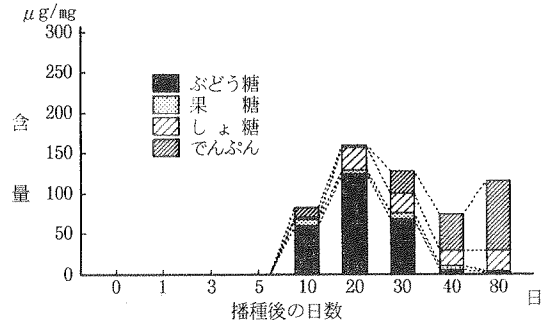
新生器官の生育に伴う体内成分の変化を第3、4、5図に示した。実生基部の第1、2葉は、播種後20日目の展開期ではぶどう糖としょ糖の含量がでんぷんの含量より高いが、展開後に緑化が進む30日目にはぶどう糖の含量割合が減少し、でんぷんの割合が高くなる。80日目には、でんぷんの含量がかなり増加してぶどう糖や果糖含量がわずかとなった。しょ糖含量は、葉のエイジングにともなって徐々に増加する傾向を示した（第3図）。



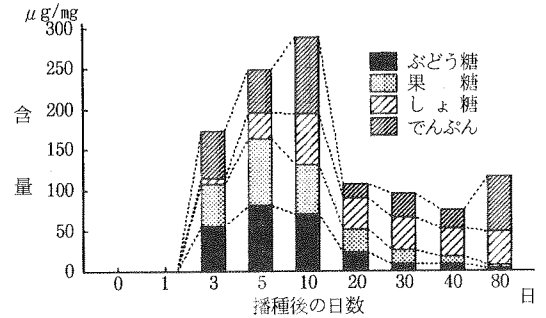
第3図 実生基部葉のエイジングと体内成分

実生の上胚軸は、播種10、20日目の伸長期にはぶどう糖の含量が高いが、エイジングとともに木部が発達してくると、でんぷんの含量が徐々に高くなり、ぶどう糖の含量は減少した。しょ糖の含量は、エイジングによる増減は明らかでなかった（第4図）。

実生の主根基部は、伸長初期のは種3日目から10日目まで糖類、でんぷんの全含量が300 μg/mgまで急速に増加した。その後、20日目になって支根の発生が多くなると、いずれの含量も減少し、全含量は100 μg/mg前後で推移した。根では、地上部の葉や上胚軸と異なって、ぶどう糖とともに果糖やしょ糖の割合が高かったが、その後はエイジングにともなってしょ糖やでんぷんの割合が高まり、ぶどう糖や果糖の含量は減少し、地上部と同様の傾向を示した（第5図）。



第4図 実生上胚軸のエイジングと体内成分



第5図 実生主根基部のエイジングと体内成分

播種後80日令の実生について、葉、枝、根のエイジの異なる部位別にはぶどう糖、果糖、しょ糖並びにでんぷん含量の動態を調査した。

その結果、葉、枝、根のいずれの器官においても伸長期においてはでんぷんとしょ糖に加えてぶどう糖、果糖が多く含まれるが、伸長が終って成熟が進むと次第にでんぷんの含量が増加して、相対的にぶどう糖や果糖の割合が低くなる傾向が認められた。

これらの現象は、器官の成熟程度を測る指標として利用することができる。しょ糖の含量は根に多い傾向が認められるが、器官のエイジングによる含量の変動は小さく、ほぼ一定の割合で含まれる。また、枝や根では木質部が発達して成熟すると、でんぷんやしょ糖の全含量が減少した。これは、貯蔵されたでんぷんや糖類が伸長中の若い組織へ転流したこと、木質化等のためセルロースなどに変換されたことによるものと考えられる。

4 種子の発芽に伴う子葉のでんぷん反応

第1表は種子の発芽時における子葉のでんぷんの消長を示したものである。子葉の脂質からでんぷんへの変換は、胚側の部分から始まり、徐々に子葉全体に広がった。播種5日目頃から急速に濃く染まり、でんぷんが減少する30日目には呈色反応は薄くなった。また、子葉におけるでんぷんへの変換は胚を除くにしても認められた。しかし、胚がある場合よりや

や遅れる傾向があり、転流先がないためでんぷんの蓄積量は高まった。胚がない子葉は、培養しても枯死せず、長く生存し、一部の子葉では胚側の部分か

引用文献

- 1) 門屋一臣(1974)：温州ミカンの生長における光合成産物の分配利用に関する研究。愛媛大学農

第 1 表 種子の発芽に伴う子葉のでんぷん反応

光	区 胚の有無		は 種 後 の 日 数						
			0	1	2	3	5	10	30
明	有	子葉の色	黄白	緑白	白緑	緑	やや濃緑	濃緑	黄緑
		根の長さ(mm)	0	2	5	6	9	24	101
	無	でんぷん反応	-	+,+-	+++	++,+++	+++	++++	+-
		子葉の色	黄白	緑白	白緑	緑	やや濃緑	濃緑	黄緑
暗	有	子葉の色	黄白	黄白	黄白	黄白	黄	黄	黄
		根の長さ(mm)	0	2	5	6	11	41	83
	無	でんぷん反応	-	+,+-	+	++	+++,+++	++++	+++
		子葉の色	黄白	黄白	黄白	黄白	黄	黄	黄
		でんぷん反応	-	-	-	-	+	+++	+++++

ら新たな発根や発芽が認められ、子葉には分化能が存在することが認められた。子葉は、光が当たるとクロロフィルが形成されて緑色となることが報告されている⁷⁾。従って、子葉におけるでんぷん生成は、貯蔵器官の機能を持った子葉の脂質から変換されたでんぷんと、葉の機能を持った子葉の光合成によって生成されたでんぷんの両者が混在するものと考えられる。

謝 辞

本研究を遂行するに当り、ご指導を頂いた農林水産省農業生物資源研究所機能開発部発育生理研究室の中村 拓, 村上 高両博士他研究室職員に厚く謝意を表す。

学部紀要18(2), 193~254.

- 2) 久保田収治・本山栄一(1972)：瀬戸内ミカン園の施肥合理化に関する研究。四国農試報14, 41~71.
- 3) 河内 宏(1985)：代謝成分の分析。作物生理実験法, 317~336.
- 4) 杉村順夫・村上 高・太田保夫(1985)：ココヤシの発芽に伴うHaustoriumの形態と機能。日作紀52(別2), 152~153.
- 5) 田口亮平(1981)：植物生理学, 291~301.
- 6) 建部雅子・村上 高(1984)：酵素法によるテンサイ植物体の糖の定量, 日作紀53(1), 113~114.
- 7) 西村幹夫(1987)：マイクロボディ変換機構の解析。蛋白質, 核酸酵素別冊30号, 377~385.
- 8) 村上 高(1985)：組織化学的方法。作物生理実験法, 347~370.

Translocation of sugars with aging in citrus tissues and organs.

(1) Translocation of sugars in cotyledon with germination of citrus seed.

OBA Yoshiki, Katsuo TSUDA and Kazunori MATSUMOTO

Composition of sugars in Citrus natsudaidai organs after germination was compared during 80days. Primary root and hypocotyl appeared 2 or 7 days, and first foliage leaves began to expand after 10days. Although seedling was growing slowly until 30 days, then it began to grow rapidly, and after 80 days seedling became a plant with 8 expanded leaves.

With germination, lipid stored in cotyledon was converted to starch, which was converted then to sucrose, glucose or fructose, and translocated to new organs, The reserve substance in cotyledon was rapidly decreased at 30 days and run out at 40 days after seeding. After that, the materials for growth were supplied by freshly expanded leaves. Starch was synthesized in cotyledon without embryo, and accumulated in cotyledon because of no embryo as a sink.

Sugars composition in root and shoot changed with their development. Fresh organs contained glucose and fructose in company with sucrose and starch, but in mature organs, glucose and fructose decreased, and starch and sucrose increased.