

菊花葉片之可溶性固形物之變化與老化之關係¹

許謙信²

摘 要

利用離體葉片累積不同光照量之方法，可以得到不同可溶性固形物含量(SSC)之葉片。量測葉片之SSC與化學定量分析之可溶性碳水化合物(TSC)，二者間具有線性關係。另一方面，以葉片吸取1~5%之蔗糖溶液，得到含不同SSC與TSC之葉片，二者間亦具一次或二次相關。於下午採收，累積較高光照量之植株上葉片，具有較高之SSC，同時比早上採收或經16小時黑暗後採收之葉片，有較長之瓶插壽命。離體葉片經累積光照量，提高SSC後，比對照有較長之瓶插壽命。吸取2或5%之蔗糖溶液之離體葉片，較未吸取蔗糖之處理具有較高之SSC及TSC，同時有較長之瓶插壽命。缺水逆境下，菊花葉片之光合作用受到抑制，SSC及TSC變化小，而逆境下葉片之澱粉含量則顯著降低，而且瓶插壽命較短。葉片經3°C貯藏5或10天，SSC或TSC會增加，而澱粉減少，總非結構性碳水化合物含量減少，瓶插壽命減短。量測13個品種菊花葉片之SPAD(葉綠素計讀值)、SSC、SLW(specific leaf weight)及瓶插壽命，四個觀測值在品種間均有顯著差異，唯觀測值彼此之間不具相關性。利用屈光度計量測之SSC可以估算TSC含量。當SSC被人為因素調高時，葉片之瓶插壽命延長。但是當碳水化合物合成受到抑制或葉片儲藏於低溫時，澱粉含量降低，而非SSC。SSC無法作為菊花葉片之瓶插壽命指標。

關鍵字：菊花、老化、屈光度計、可溶性固型物、碳水化合物。

前 言

葉片之老化為切花壽命長短判別之指標之一，其早期徵兆多為葉片之黃化，即葉綠素之喪失^(3,5,11,15)。菊花切花在20°C及25°C下3週，尚無明顯之老化現象，而在30°C下，葉片則迅速老化⁽⁵⁾。20°C黑暗下儲藏菊花插穗二天，其葉片品質即降低⁽¹⁷⁾。因此，葉片黃化可作為判斷菊花葉片老化之指標，而高溫黑暗可作為評估菊花葉片老化之環境⁽³⁾。

切花或盆花含有之碳水化合物為採收後維持生理作用之能量來源^(3,11,21)。外加蔗糖常能提升切花觀賞品質及延長切花之瓶插壽命^(10,14)。菊花插穗之儲藏後品質與植體本身及品種不同含有之碳水化合物多寡有關，含量高者儲藏後品質較佳，減耗速率快者，儲藏壽命較短⁽¹⁷⁾。玉米之葉片老化時之葉綠素含量與葉片含有之可溶性碳水化合物成正相關⁽¹⁸⁾。然而，在菊花葉片老化時或在不同品種之比較上，是否亦存在此一關係則尚不明瞭。

¹台中區農業改良場研究報告第 0599 號。

²台中區農業改良場助理研究員。

屈光度計(Refractometer)可量測植物汁液之可溶性固形物含量(soluble solid contents)，常用為評估果品^(4,12)、果汁品質⁽²⁷⁾，亦可作為評量植物根部⁽²⁵⁾及莖部⁽²⁸⁾品質之指標，卻鮮少用於偵測葉片之品質。可溶性固形物含量常與植物之可溶性糖成正相關，可作為簡易判斷可溶性碳水化合物含量之工具^(25,27)。本試驗之目的在於建立利用屈光度計量測葉片可溶性固形物之方法，探討其與化學定量之可溶性碳水化合物間之關係，並嘗試運用於葉片品質及老化之評估。

材料與方法

於2001年5月至9月在彰化縣大村鄉台中區農業改良場進行以下之試驗。

(一)經不同累積光照時間採取之葉片對葉片老化之影響

菊花‘白丁字’品種購自彰化縣田尾鄉，於2001年5月10日種植於台中區農業改良場，於夜間10時至凌晨2時以100W鎢絲燈泡電照，最低光照強度為30 lux，種植後二周摘心，摘心三周後進行下列試驗：

- 1.以不透光黑色塑膠袋於試驗採樣前一天下午5時遮蓋植株，試驗當日上午9時採取葉片。葉片採取時，經16小時黑暗。
 - 2.自然日照下，於試驗當日上午9時採取葉片。
 - 3.自然日照下，於試驗當日下午2時採取葉片。
- 採取葉片當日為晴天。

各處理葉片採自枝條上葉序第10葉至第13葉，其中二葉依下述方法(十)，以屈光度計(Refractometer)量測可溶性固形物(soluble solid contents, 縮寫SSC)。其餘二葉依方法(九)以葉綠素計讀取SPAD值後，插於裝水之試管，維持葉片水分，置於25°C黑暗中，每日量測葉片之SPAD值，觀察葉片之黃化及瓶插壽命。試驗共有三個處理，每個處理4重複。

(二)照光或黑暗下，葉片TSS及SPAD之日變化

菊花‘白丁字’葉片採自上述(一)之田區，葉序第10葉至第15葉用為試驗材料，將二片葉片插於含水之試管，維持葉片水份，置於25°C下，分為日光燈下1500 lux每日照光16小時，及24小時黑暗二組，每組18瓶試管，於第0、3、6、10、13、17天各取樣3瓶(3重覆)，依方法(九)、(十)量測SPAD、SSC，觀察照光及黑暗下之變化。

(三)照光及黑暗下，葉片SSC及可溶性碳水化合物(total soluble carbohydrate, 縮寫TSC)之迴歸關係

上述方法(二)之照光及黑暗二組，第0、3、6、10天之葉片，將二片葉片沿中肋旁縱切兩半後，一半依方法(十)量測SSC後，另一半依方法(十一)烘乾，並依方法(十二)分析TSC。共二處理，四個採樣天數，三重覆，合為24樣品，進行SSC及TSC之迴歸分析。

(四)外加照光之離體葉片對瓶插壽命之影響

葉片採自方法(一)之田區，於瓶插試驗前6、3、0日採取葉序第10葉至13葉之葉片，將葉片插於水中，於日光燈下1500 lux照光16小時下培養。瓶插試驗時，每重覆四片葉片，

其中二片葉片依方法(十)量測SSC及方法(十一)量測比葉重(SLW)，其餘二片依方法(九)量測SPAD後，於25°C黑暗中培養，觀察瓶插壽命，試驗共三個處理，為照光0、3、6日後於黑暗中老化，每處理3重覆。

(五)離體葉片預措蔗糖溶液之SSC、TSC變化、葉片瓶插壽命及迴歸關係

菊花‘白丁字’葉片採自方法(一)之採穗母株，葉序為第10葉至15葉，葉柄插於裝有0、1、2、3、4、5%之蔗糖溶液中4小時後，將二片葉片沿中肋旁縱切兩半後，一半依方法(十)量測SSC，另一半烘乾後稱重依方法(十二)分析TSC，每個蔗糖濃度量測分析三重覆，共18樣品，進行SSC及TSC之迴歸分析。另行葉片吸取0、2及5%之蔗糖溶液4小時，每處理8葉片，為四重覆，每重覆二葉片，於25°C黑暗中依方法(九)調查瓶插壽命。

(六)缺水逆境對葉片SSC、TSC、澱粉含量及瓶插壽命之影響

菊花‘白丁字’品種發根插穗種植於5吋盆泥炭土中，每盆一株，夜間電照如方法(一)。每天人工澆水生長二週後，分為澆水組及逆境組，每組3盆，澆水組每天澆水，逆境組停止澆水，至第三天後，逆境組葉片有明顯萎凋現象，此時以攜帶式紅外線氣相分析儀(Type LCA4, ADC Ltd. Hertfordshire, U.K.)於早上11時量測二氧化碳交換率(即淨光合作用率)及蒸散速率，同時記錄光合作用有效輻射(photosynthetically active radiation, PAR)。然後二處理各三重覆，各摘取葉序第10至第13葉片，浸於水中1小時後，擦乾葉片，其中二片依方法(九)量測SPAD後，依方法(十)、(十一)、(十二)方法量測SSC、SLW及TSC及澱粉。其餘二片於25°C黑暗中依方法(九)調查瓶插壽命。

(七)低溫冷藏後之葉片SSC、TSC、澱粉含量及瓶插壽命之影響

菊花‘白丁字’葉片採自方法(一)之母株，採取葉序第10至15葉，逢機裝入封口塑膠袋中，每袋裝四片葉片將之置於3°C黑暗之冷藏庫中，貯藏0、5、10天後取出，其中二片依方法(十)、(十一)之方法量測SSC及SLW，並依方法(十二)分析TSC及澱粉含量。另二片置於25°C黑暗中依方法(九)觀察葉片瓶插壽命，共三處理分別為於3°C貯藏0、5、10天後於黑暗中老化，每處理四重覆。

(八)不同品種葉片之TSS及瓶插壽命

菊花13個品種系於2001年5月10日種植於台中區農業改良場，夜間電照、摘心如方法(一)所述，摘心三周後進行以下試驗。採取各品種葉序第10至13之葉片，其中二片依方法(九)、(十)、(十一)量測SPAD、SSC及SLW後，二片置於25°C黑暗中觀察瓶插壽命。分析各品種之SPAD、SSC、SLW及瓶插壽命間之相關性。

(九)SPAD之量測及瓶插壽命

以Minota SPAD 502葉綠素計量測SPAD，量測不含葉主脈位置之讀值，單片葉片以3次為平均值，試驗使用二片葉片，則以6個SPAD讀值平均為觀測值。SPAD小於30時，葉片明顯黃化，為瓶插壽命終止。

(十)以屈光度計(refractometer)量測可溶性固形物(soluble solid contents, 縮寫SSC)

將二片葉片分別沿葉片中肋旁切開為二半葉片，一半量測可溶性固形物，另一半進行方法(十一)之量測。將二半片葉片於研鉢中磨碎，以不銹鋼湯匙將磨碎之葉肉組織集中，擠壓出葉片汁液，倒入離心管中，以3000 rpm離心15分鐘，取一滴上層清澈汁液以屈光度計(digital refractometer PR-101, ATAGO Co., Ltd. Japan)讀出可溶性固性物之含量，以Brix⁰值記之。

(十一)比葉重(specific leaf weight, 縮寫S LW)之量測

比葉重(SLW)為葉片單位面積之乾重。將方法(十)之半片葉片，以光投射葉面積儀量測葉面積後，於80°C下烘乾48小時，稱乾重。

比葉重(SLW)=葉片乾重/葉面積

(十二)可溶性碳水化合物(total soluble carbohydrate, 縮寫TSC)及澱粉(starch)之分析

將烘乾後之葉片以高速磨粉機磨粉過篩後稱取0.1 g進行TSC及澱粉之分析。

1. 萃取

(1)可溶性碳水化合物(TSC)，依據Aoki (1985)，及Wada等(1993)之方法^(6,24)。

稱0.1 g磨粉過樣品於離心用試管內，加入10 ml蒸餾水，置於60°C水浴1小時，於3000 rpm離心10分鐘，取出上層液，倒入100 ml定量瓶。餘樣品依同法再萃取一次，二次萃取物於100 ml定量瓶內混合，定量過濾後測定可溶性碳水化合物。

(2)澱粉，依據Yoshida等(1976)之方法⁽³⁰⁾。

準備9.2 N及4.6 N HClO₄

9.2N: 793 ml 70% Perchloric acid (HClO₄)稀釋至1公升。

4.6N: 397 ml 70% Perchloric acid (HClO₄)稀釋至1公升。

可溶性碳水化合物萃取剩餘物於80°C烘乾過夜。加入2 ml蒸餾水於離心試管萃取剩餘物，於沸騰熱水浴中煮15分，不時攪拌。室溫冷卻後，加入2 ml 9.2 N HClO₄不時攪拌15分，加入6 ml蒸餾水後離心，取出上層液，倒入100 ml定量瓶。餘樣品加入2 ml 4.6 N HClO₄不時攪拌15分，加入8 ml蒸餾水，離心後取出上層液，二次萃取物於100 ml定量瓶內混合定量，過濾後測定澱粉含量。

2. 定量碳水化合物

(1)可溶性碳水化合物(TSC)之定量，依據Yoshida等(1976)之方法⁽³⁰⁾。

吸取5 ml萃取物樣品或葡萄糖標準液放入試管，試管置於冰浴中，緩緩加入10 ml Anthrone試劑(2 g Anthrone 溶於1公升濃硫酸)，置於沸騰水浴中7.5分鐘後於冰浴中冷卻，測定630 nm吸光值，以葡萄糖0, 10, 20, 40, 60, 80, 100 ppm標準液線性迴歸標定樣品碳水化合物含量。TSC含量高於100 ppm葡萄糖濃度時，稀釋後再測。

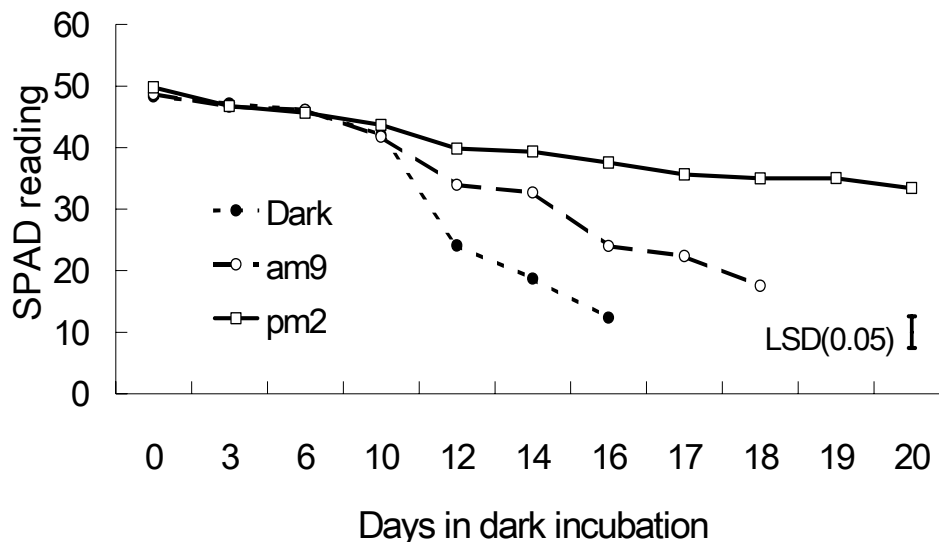
(2)澱粉之定量，依據Yoshida等(1976)之方法⁽³⁰⁾。

如可溶性碳水化合物定量方法，唯配製葡萄糖標準液時，每5 ml標準液中含0.3 ml 4.6 N HClO₄。葡萄糖標準液為0, 10, 20, 40, 60, 80 ppm。

結 果

一、經不同累積光照時間採取之葉片對葉片老化之影響

菊花之葉片於自然日照上午9時或下午2時採收，或將植株置於黑暗中16小時後採收之葉片，其葉片於黑暗中老化之變化結果如圖一。於黑暗中16小時後採收之葉片，其瓶插壽命最短，在第10天時，其SPAD讀值，即顯著下降，至第12天時，SPAD下降至30以下，葉片明顯黃化。於自然日照下，上午9時採收之葉片，其SPAD之下降趨勢較16小時黑暗採收之葉片為緩慢，至第14天後葉片明顯黃化。而在下午2時採收之葉片，其葉綠素崩解之速度最為緩慢，在25°C黑暗中瓶插至第20日，SPAD值仍維持在30以上。



圖一、經不同累積光照時間採取之菊花‘白丁字’葉片於 25°C 黑暗中之 SPAD 日變化。

Fig. 1. Daily SPAD readings of ‘Bai-Ding-Zi’ chrysanthemum leaves harvested in different accumulated lighting time, then incubated in 25°C in the dark.

Dark: 16 hrs. in the dark, am 9 and pm 2: harvested in natural radiation at am 9 and pm 2.

量測三組不同累積光照時間後之葉片於瓶插前之可溶性固形物(SSC)、SPAD，及瓶插後壽命，結果如表一。在黑暗中16小時後採收之葉片，其SSC含量最低，為4.45 Brix°，而下午2時採收之葉片TSS為5.10 Brix°，為最高，上午9時採收之葉片SSC介於二者之間。採收後放入黑暗瓶插前，不同採收時間點之SPAD初始值，統計上差異不顯著。含有較高SSC之下午1時採收之葉片，在黑暗中之瓶插壽命最長，有20.3天，在黑暗中16小時後採收之葉片，其瓶插壽命最短，僅有11.5天。不同累積光照時間之葉片，其採收後瓶插壽命有顯著之差異。

表一、不同累積光照時間後之菊花‘白丁字’葉片於瓶插前之可溶性固形物(SSC)、SPAD，及瓶插後壽命

Table 1. Soluble solid contents, SPAD before incubation and vase life of leaves incubated in 25°C in the dark of ‘Bai-Ding-Zi’ chrysanthemum leaves harvested in different accumulated lighting time

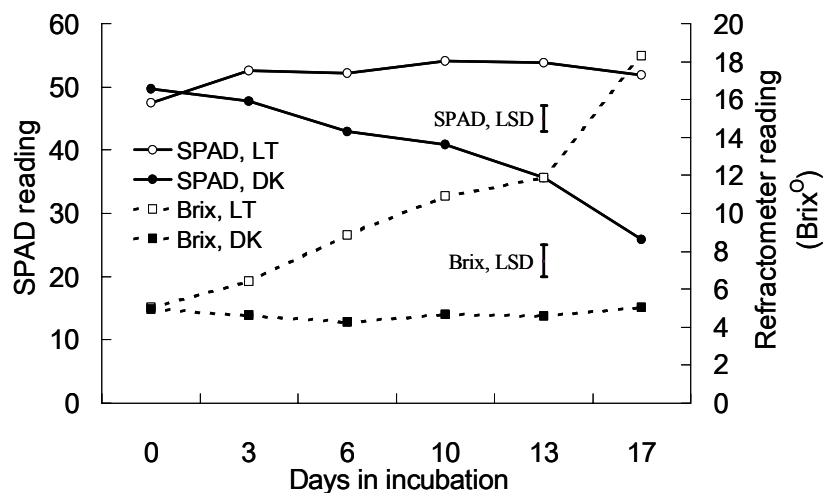
Harvest condition	Initial soluble solid contents (Brix°)	Initial SPAD	Vase life (Days)
16 hr. Dark ¹	4.45	48.3	11.5
am9	4.90	48.7	14.3
pm2	5.10	49.8	20.3
P>F ²	***	n.s.	***
LSD (0.05)	0.26	2.9	1.7

¹: Harvested condition same as Fig. 1.

²: ***: Significantly different at 0.001 level.

二、照光或黑暗中，葉片TSS及SPAD之日變化

將採自植株之葉片置於25°C黑暗中，或日光燈下1500 lux每日照光16 hrs.之二種環境中，葉片之SPAD及SSC之日變化結果如圖二。在25°C黑暗中，菊花葉片之SPAD值會日漸下降，至第17天，下降至30以下。而SSC則維持穩定、變化小，沒有顯著差異。另一方面，在有光照之條件下，隨著培養日數之增加，葉片之SPAD值有小幅增加之趨勢，由培養初期之47.5增加至第17天為51.8。而光照下葉片之SSC則大幅增加，由培養初期之5.1 Brix°，至第17天為18.3 Brix°。

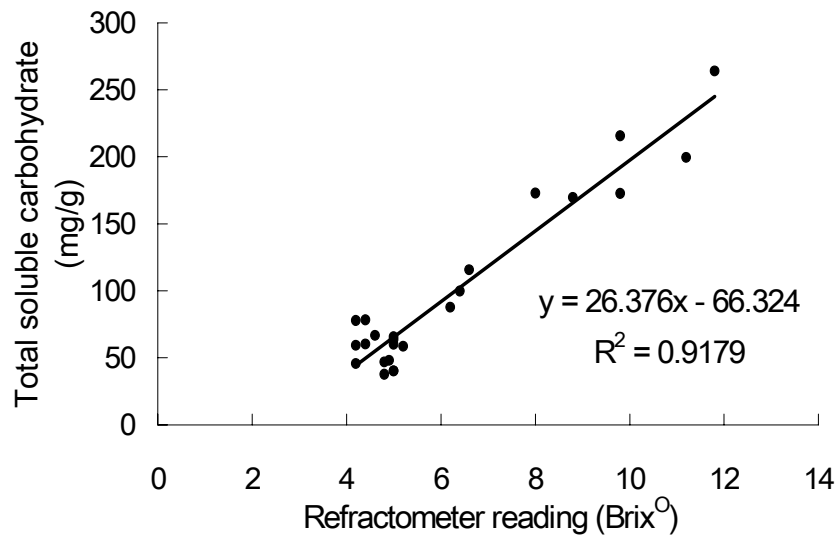


圖二、菊花‘白丁字’葉片於 25°C 黑暗中或日光燈下 1500 lux 每日照光 16 hrs 之 TSS 及 SPAD 日變化。

Fig. 2. Daily SPAD readings and refractometer reading (soluble solid contents) of ‘Bai-Ding-Zi’ chrysanthemum leaves incubated in 25°C in the dark or under 16 hrs 1500 lux fluorescence lighting daily. LT: under 16hrs 1500 lux fluorescence lighting daily, DK: continuous dark.

三、照光及黑暗下，葉片SSC及TSC之迴歸關係

如試驗(二)，將離體葉片置於光照或黑暗二種環境下0、3、6、10天，各依方法(十)及(十二)測定其SSC及TSC，二者之線性迴歸關係如圖三。TSC (mg/g)=26.376×SSC (Brix⁰)-66.324，決定係數R²=0.9179。



圖三、菊花‘白丁字’葉片於 25℃ 黑暗中或日光燈下 1500 lux 每日照光 16 hrs，經 0、3、6、10 天，葉片可溶性固形物(SSC)及可溶性碳水化合物(TSC)之迴歸關係。

Fig. 3. Linear regression relationship between refractometer reading (soluble solid contents) and total soluble carbohydrate of ‘Bai-Ding-Zi’ chrysanthemum leaves incubated in 25℃ in the dark or under 16 hrs 1500 lux fluorescence lighting after 0, 3, 6, 10 days.

四、外加照光之離體葉片對瓶插壽命之影響

將菊花之離體葉片置於1500 lux日光燈16 hr光照下0、3、6天後之葉片，在25℃黑暗中培養，誘導老化之結果如表二。而SSC則以光照6天後為8.9 Brix⁰為最高，光照3天其次，為6.4 Brix⁰，從自然日照下採收，未經外加光照之葉片，其SSC為5.1 Brix⁰，為最低，三組處理間有顯著差異。各處理間之SPAD初始值，光照後3或6天較沒有外加光照者為高，但其間沒有差異。比葉重SLW與SSC相同，有增加光照者，SLW較高，照光6天較照光3天者高。觀察瓶插壽命，亦以照光6天者最長，為28.3天，照光0天者最短，為21.0天。

五、離體葉片預措蔗糖溶液之SSC、TSC變化、葉片瓶插壽命及迴歸關係

將離體葉片置於0、1、2、3、4、5%之蔗糖溶液中預措4小時，吸取蔗糖溶液有提高SSC及TSC之趨勢，預措蔗糖溶液濃度愈高者，其SSC及TSC值愈高，如圖四。吸取不含蔗糖溶液之葉片SSC為4.73 Brix⁰，TSC為55.2 mg/g。吸取含5%蔗糖溶液之葉片SSC為6.42 Brix⁰，TSC為97.7 mg/g。

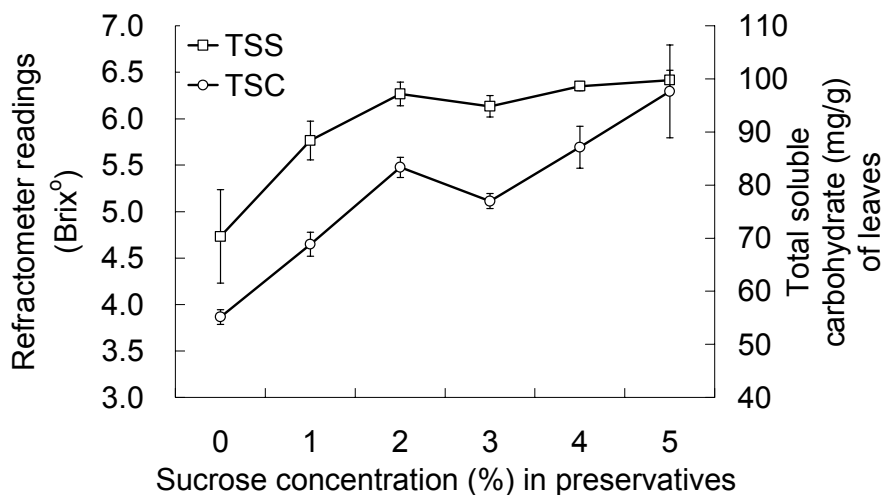
表二、菊花‘白丁字’離體葉片外加照光日數之瓶插前可溶性固形物(SSC)、SPAD、SLW，及瓶插後壽命

Table 2. Soluble solid contents, SPAD, and SLW before incubation and vase life of leaves incubated in 25°C in the dark of ‘Bai-Ding-Zi’ chrysanthemum leaves having supplemental lighting

Supplemental lighting	SSC (Brix°)	SPAD	SLW (mg/cm ²)	Vase life (Days)
0day ¹	5.1	47.5	5.08	21.0
3days	6.4	52.6	5.37	25.7
6days	8.9	52.2	5.86	28.3
Pr>F ²	***	n.s.	**	***
LSD 5%	1.1	4.7	0.28	2.2

¹: Detached leaves in 1500 lux fluorescence lighting after 0, 3 and 6 days.

²: **, ***: Significantly different at 0.01, and 0.001 level; n.s.: Not significantly different.



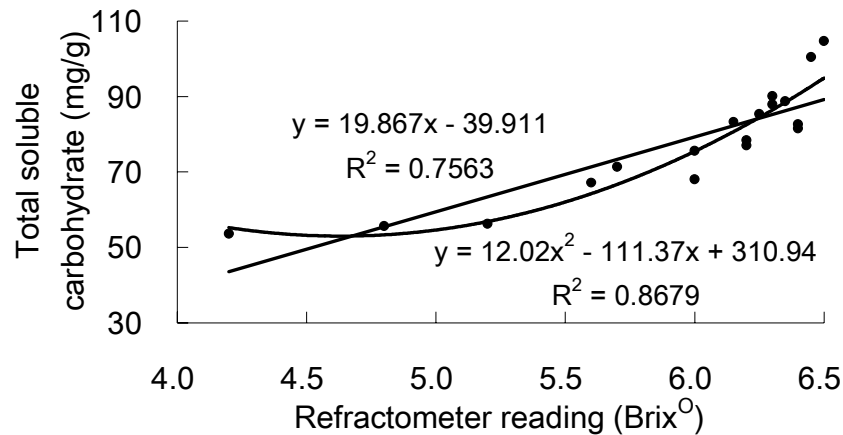
圖四、菊花‘白丁字’葉片吸取不同濃度蔗糖溶液後之可溶性固型物及可溶性碳水化合物。

Fig. 4. Refractometer readings (Soluble solid contents) and total soluble carbohydrate of ‘Bai-Ding-Zi’ chrysanthemum leaves absorbed sucrose solution with different concentration.

將吸取不同濃度0, 1, 2, 3, 4, 5%之蔗糖溶液4小時之離體葉片，同時量測各樣品之SSC及分析TSC，二者做迴歸關係分析。二者間之線性迴歸方程式為 $TSC (mg/g) = 19.867 \times SSC (Brix^\circ) - 39.911$ ，決定係數 $R^2 = 0.7563$ 。二次迴歸方程式為 $TSC (mg/g) = 12.02 \times (SSC(Brix^\circ))^2 - 111.37 \times TSS (Brix^\circ) + 310.94$ ，決定係數 $R^2 = 0.8679$ 。如圖五。

觀察蔗糖溶液預措後葉片之瓶插壽命及其他相關指標，其結果如表三。將蔗糖2%或5%之葉片，其SSC會增加，與無蔗糖預措液4.73 Brix°比較，吸取2%蔗糖液，葉片SSC增加至6.27 Brix°，吸取5%蔗糖預措液，葉片SSC增加至6.42 Brix°。其SPAD值各處理間差異不顯著。SLW

各處理間差異不顯著。吸取2%或5%蔗糖溶液之TSC含量較0%顯著增加。而吸取2%或5%蔗糖溶液者，其瓶插壽命亦較長。



圖五、菊花‘白丁字’葉片吸取不同濃度蔗糖溶液後，葉片可溶性固形物及可溶性碳水化合物之迴歸關係。

Fig. 5. Linear and quadric regression relationship between refractometer reading (soluble solid contents) and total soluble carbohydrate of ‘Bai-Ding-Zi’ chrysanthemum leaves absorbed sucrose solution with different concentration.

表三、菊花‘白丁字’葉片吸取不同濃度蔗糖溶液後之瓶插前可溶性固形物(SSC)、SPAD、SLW、可溶性碳水化合物(TSC)，及瓶插後壽命

Table 3. Soluble solid contents, SPAD, SLW and TSC before incubation and vase life of leaves incubated in 25°C in the dark of ‘Bai-Ding-Zi’ chrysanthemum leaves absorbed sucrose solution with different concentration

4 hrs absorption	Soluble solid contents (Brix ⁰)	Initial SPAD	SLW (mg/cm ²)	Total soluble carbohydrate (mg/g)	Vase life (Days)
0% Sucrose	4.73	50.4	5.01	55.2	15.3
2% Sucrose	6.27	49.6	5.09	88.3	19.0
5% Sucrose	6.42	48.5	5.39	97.7	20.3
P>F ¹	***	n.s.	n.s.	***	*
LSD (0.05)	0.61	4.5	0.60	10.4	2.7

¹: *, ***, Significantly different at 0.05, and 0.001 level; n.s.: Not significantly different

六、缺水逆境對葉片SSC、TSC、澱粉含量及瓶插壽命之影響

缺水逆境下，有明顯萎凋徵狀之葉片，在日光照射下，光合作用會受到明顯抑制(表四)。在光合作用偵測箱內缺水逆境植株之水蒸氣壓較低，在缺水逆境下，葉片之蒸散速率明顯大幅降低，約為正常澆水處理之三分之一。同時，缺水逆境下之植株，光合作用大幅降低，甚至接近於補償點。

表四、菊花於澆水或缺水狀態下之蒸散速率及光合作用

Table 4. Transpiration rate and photosynthesis of 'Bai-Ding-Zi' chrysanthemum leaves under regular irrigation or water stress.

Variety	Treatment	PAR ¹ μmol m ⁻² s ⁻¹	WVP ² from chamber mbar	Transpiration rate mol m ⁻² s ⁻¹	Photosynthesis μmol m ⁻² s ⁻¹
Bai-Ding-Zi	Irrigated	1716	39.9	3.3	12.6
Bai-Ding-Zi	Water stressed	1660	30.6	1.1	-0.4
P>F ³		*	**	**	***
LSD (0.05)		45	3.2	1.3	1.3

¹: PAR: Photosynthetically active radiation.

²: WVP: Water vapor pressure.

³: *, **, ***: Significantly different at 0.05, 0.01 and 0.001 level.

在光合作用受到明顯抑制之缺水逆境下，觀察菊花之葉片品質及其瓶插壽命，結果如表五。SPAD讀值在缺水逆境下有小幅降低，但差異均不顯著。在缺水及正常澆水二處理間，SSC之差異不顯著。缺水逆境下，SLW會降低，但差異不顯著。在碳水化合物之分析，TSC在品種間與二處理間差異均不顯著，然而，澱粉之含量差異甚大。在正常澆水下，'白丁字'品種含有69.8 mg/g之澱粉，而遭受缺水逆境時，'白丁字'品種澱粉含量減少為約原來三分之一，在葉片之瓶插壽命，在缺水逆境下之瓶插壽命均較正常澆水處理之瓶插壽命短。

表五、菊花於澆水或缺水狀態下之葉片品質指標及瓶插壽命

Table 5. Leaf quality and vase life of 'Bai-Ding-Zi' chrysanthemum leaves under regular irrigation or water stress

Treatment	SPAD	SSC (Brix ⁰)	SLW (mg/cm ²)	TSC (mg/g)	Starch (mg/g)	Total carbohydrate (mg/g)	Vase life (Days)
Irrigated	53.9	4.8	5.73	46.7	69.8	116.5	15.0
WS	50.9	4.6	4.91	54.9	24.4	79.3	10.3
P>F ^Y		n.s.	n.s.	*	n.s.	**	***
LSD (0.05)		5.1	1.0	0.82	21.3	15.8	6.2

^Y: *, **, ***: Significantly different at 0.05, 0.01, and 0.001 level; n.s.: Not significantly different.

七、低溫冷藏後之葉片SSC、TSC、澱粉含量及瓶插壽命之影響

將菊花葉片於3°C下貯藏0、5、10天後，其SPAD下降，但處理間無顯著差異。而SSC則依貯藏時間之增長，呈增加之趨勢。貯藏0天之SSC為3.9 Brix⁰，貯藏10天則增加至7.1 Brix⁰。貯藏與否，其SLW差異不顯著。葉片經貯藏後，TSC則與SSC一樣，呈增加之趨勢。另一方面，澱粉含量則因低溫貯藏而降低，貯藏愈久，澱粉含量減少愈多。觀察瓶插壽命，貯藏過之葉片，其瓶插壽命較短，未經貯藏之葉片，瓶插壽命有21.3天，貯藏5天或10天後，減少至11.7及11.0天(表六)。

表六、菊花葉片於 3⁰C 貯藏後之葉片品質指標及瓶插壽命Table 6. Leaf quality indicators and vase life of chrysanthemum leaves after storage at 3⁰C.

Storage	SPAD	SSC (Brix ⁰)	SLW (mg/cm ²)	TSC (mg/g)	Starch (mg/g)	Total carbohydrate (mg/g)	Vase life (Days)
Control (0 day)	49.3	3.9	4.35	64.5	149.1	213.6	21.3
3 ⁰ C5day	47.1	5.1	4.08	80.3	77.5	157.8	11.7
3 ⁰ C10day	45.1	7.1	4.08	100.9	58.9	159.8	11.0
P>F ^Y	n.s.	**	n.s.	*	***	**	***
LSD(0.05)	4.7	1.5	0.46	21.0	18.3	21.5	2.5

^Y: *, **, ***: Significantly different at 0.05, 0.01, and 0.001 level; n.s.: Not significantly different.

八、不同品種葉片之SSC及瓶插壽命

量測菊花13個品種系葉片之SPAD、SSC、SLW及瓶插壽命，結果如表七。13個品種SPAD值最高為‘94111’品系之55.6，最低者為‘秋陽’之37.3，13個品種平均值為45.7，LSD為3.96，品種間有顯著差異。SSC含量最高者為‘阿來粉’品種，為10.15 Brix⁰，最低者為‘小秋白’為4.78，13個品種系之平均為6.72，LSD為0.89，品種間有顯著差異。SLW之最高者為‘阿來粉’之5.95 mg/cm²，最低者為‘秋陽’之3.79 mg/cm²，平均為5.04 mg/cm²，LSD為0.54 mg/cm²。瓶插壽命在13個品種系中，以‘小秋白’達31.8天為最長，而以‘白丁字’ 13.3天為最短，平均為22.3天，LSD為5.0天，品種間有顯著差異。

進行SPAD、SSC、SLW及瓶插壽命間之相關性分析，結果如表八，四個觀測值間相關係數均很低，彼此間無顯著相關性。

表七、菊花 13 個品種系之葉片品質指標及瓶插壽命

Table 7. Leaf quality indicators and vase life of chrysanthemum leaves of 13 varieties and breeding lines

Variety	SPAD	SSC (Brix ⁰)	SLW (mg/cm ²)	Vase life (days)
Bai-Ding-Zi	50.9	5.50	5.03	13.3
Huang-Ding-Zi	51.9	5.23	5.64	15.0
Jen-Chu-Hong	45.5	6.73	5.58	19.5
Ji-Shang-Huang	47.9	7.20	4.73	20.3
Chio-Yang	37.3	6.70	3.79	20.8
Ron-Hong	47.5	6.13	4.90	21.5
Shiou-Hong_Liang	44.0	4.25	4.31	22.5
Ar-Lai-Fen	44.8	10.15	5.95	22.5
9429	43.1	7.45	5.04	24.3
94229	38.0	7.70	5.09	24.5
94111	55.6	6.58	5.65	25.3
Suang-Ser-Hong	41.8	9.00	5.43	28.5
Shiou-Chio-Bai	45.7	4.78	4.45	31.8
Mean	45.7	6.72	5.04	22.3
LSD	3.96	0.89	0.54	5.0

表八、菊花 13 個品種系之葉片品質指標及瓶插壽命之相關係數

Table 8. Correlation coefficient of leaf quality indicators and vase life of chrysanthemum leaves of 13 varieties and breeding lines

	SPAD	SSC	SLW	Vaselife
SPAD	1.000	-0.296	0.421	-0.306
BrixO		1.000	0.433	0.214
SLW			1.000	-0.128
Vase life				1.000

討 論

碳水化合物之含量、運移及代謝與葉片之老化息息相關。在切花葉片之老化，碳水化合物扮演重要角色^(5,11,15,21)。外加蔗糖能延長切花壽命，延緩或減少葉片褐化或黃化現象^(10,14,15)。本系列試驗之目的為利用屈光度計觀測SSC，以代替TSC含量，取代繁瑣之化學定量分析過程，並嘗試評估葉片品質及預估瓶插壽命。

屈光度計可以量測植物汁液之可溶性固形物，普遍用於偵測植物果品^(4,12)、果汁品質⁽²⁷⁾，甚至用於量測莖部及根部汁液⁽²⁵⁾，並可做為篩選品種之工具^(12,22,28)。Waes以屈光度計量測菊苣根部汁液之SSC用於估計全糖含量之結果相符⁽²⁵⁾。另一方面，柑桔果汁之SSC含量與可溶性糖之相關係數低，但仍具顯著性⁽²⁷⁾。本文利用屈光度計量測菊花葉片之可溶性固形物(SSC)，利用斷除供源(source)後，以光照累積葉片之碳水化合物，及吸取蔗糖溶液等二種方式，取得不同SSC含量之樣品，以分析SSC及TSC之關係，二試驗均具正相關性(圖三、圖五)。唯本文吸取蔗糖之試驗，其決定係數 R^2 較累積光照試驗低，因其SSC之變域小，可能為其原因。統計上自變數(SSC)之區間會影響決定係數之大小，較窄範圍之自變數其決定係數可能較小⁽¹⁾。

本文利用諸多方法調控離體葉片之SSC及TSC含量，藉以證實菊花之葉片老化亦與葉片之碳水化合物有密切之關係。在植株上接受較長時間光照之葉片具有較高之SSC及較長之葉片瓶插壽命(表一)。斷除積儲(sink)之離體葉片，接受較多光照時，亦具有較高之SSC及較長之瓶插壽命(表二)。利用吸取蔗糖溶液的方法，亦可提高葉片SSC含量與延長葉片瓶插壽命(表三)。此三個試驗之結果，符合試驗之預期目的。

然而，在缺水逆境下，光合作用受到抑制⁽⁸⁾，供源(source)減少，SSC之含量卻無顯著差異，處理間碳水化合物之差異主要在澱粉含量之變化，SSC無法用為預測瓶插壽命之工具(表五)。另一方面，葉片經低溫貯藏後，澱粉轉化為可溶性醣^(2,13)，使得貯藏後之SSC增加，然而因總非結構性碳水化合物(non-structural carbohydrate)含量減少，卻使瓶插壽命縮短，此一試驗之結果亦與預期之目的不符(表六)。

有諸多證據顯示，葉片之老化與碳水化合物有關。帝王花(protrea)在黑暗中7天後94%的葉片褐化，碳水化合物之消耗可能是其葉片褐化之主要原因⁽¹⁵⁾，添加蔗糖於瓶插溶液中可減

少葉片褐化之比例。菊花插穗在黑暗冷藏條件下，碳水化合物與其儲藏壽命有關，含量高者，儲藏壽命長，減耗速率快者，儲藏壽命較短^(17,20)。本文之試驗(一)、(四)、(五)，均可驗證此一關係，SSC或碳水化合物含量高者，瓶插壽命長。

Chaves指出在缺水逆境下，因為氣孔關閉，葉片之CO₂合成能力被抑制⁽⁸⁾。在缺水逆境之試驗中，菊花之光合作用明顯受到抑制，同時蒸散作用亦明顯降低(表四)，此一現象與Chaves所言相似。在缺水環境下，碳累積同化為低分子量之醣類以調節滲透壓，同時會加速澱粉之崩解^(8,23,29)。馬鈴薯葉圓片在缺水逆境下，葡萄糖轉化為澱粉之機制被抑制⁽⁹⁾。蘋果於缺水逆境下Sorbitol及單醣類增加，而蔗糖與澱粉含量減少，Sorbitol及單醣類可能用為調節缺水逆境下之滲透壓⁽²⁶⁾。以上之研究實例與試驗中之分析結果相符，缺水逆境下之菊花葉片澱粉含量大幅降低，而未見TSC之減少。然而，總非結構性碳水化合物含量之減少，亦造成瓶插壽命縮短(表五)。

SLW (specific leaf weight)或稱為LMA (leaf mass per unit leaf area)，為葉片單位面積中含有之乾物重，用於判斷葉片乾物增加之趨勢，為生長模式分析中之一個重要變因⁽⁷⁾。當供源積儲關係改變時，SLW會有起伏。離體葉片在去除生長部位之積儲方(sink)後，外加照光可以增加SLW值，與SSC之增加趨勢一致(表二)。此與Bertin and Gary摘除蕃茄之果實會增加其葉片之LMA、可溶性醣、及澱粉的改變，可部份決定LMA變化之結果一致⁽⁷⁾。在缺水逆境中，因為光合作用及碳水化合物之供應受到限制，SLW顯著降低(表五)。然而，在吸取蔗糖溶液(表三)及低溫儲藏(表六)之試驗中，碳水化合物含量雖然改變，其SLW差異卻不顯著，碳水化合物含量僅能部分影響SLW。

SPAD讀值可用於估計菊花葉片葉綠素之含量，用於觀察葉圓片之老化過程。而菊花葉圓片之老化與品種葉綠素含量高低與崩解速率之快慢有關⁽³⁾。玉米葉片之老化過程中，葉綠素含量與可溶性碳水化合物成正相關⁽¹⁸⁾。然而在本試驗中，菊花葉片於黑暗中老化時，葉綠素含量與可溶性碳水化合物之間卻無類似之關係(圖二)。

屈光度計可作為選拔優良品種之工具，不同品種蕃茄果實之SSC作為評判果實品質之指標⁽¹²⁾，玉米莖部之SSC含量與葉片老化與否及產量有關⁽²⁸⁾，SSC是否可作為菊花葉片品質之參考指標及預估葉片老化之工具是本文關切之問題。

不同品種菊花之SSC間存在顯著差異，其SPAD及SLW亦存在顯著差異(表七)。然而分析三個觀測指標與瓶插壽命間之相關性時，其相關係數低(表八)。除了SSC外，澱粉含量之多寡及總非結構性碳水化合物含量之高低亦影響瓶插壽命之長短(表五、表六)。然而，葉片中澱粉含量之多寡無法以屈光度計量測，亦無簡易快速之量測工具。另一方面，碳水化合物之耗損速率(即呼吸作用之強弱)亦是影響老化快慢之因子⁽¹⁶⁾。在西瓜葉片老化時，雖然參試品種之碳水化合物均呈現下滑趨勢，不同品種葉片碳水化合物之變化曲線卻有所不同⁽²⁰⁾。另外乙烯也是影響葉片老化之因素，品種間之反應差異很大^(19,20)。要以SSC決定葉片之品質遠比果實品質之決斷困難，而老化過程更是一連串複雜之過程，不同品種菊花葉片之品質無法以屈光度計讀值決定，更無法預判葉片之瓶插壽命。

更進一步，在含有莖段之葉片，其葉片黃化比單獨葉片為遲，莖段之碳水化合物供源，有延緩葉片老化之重要角色⁽³⁾。玉米莖部之非結構性碳水化合物在葉片不老化之品種的含量為葉片老化品種之二倍多⁽²⁸⁾。在包含有花、莖、葉的菊花切花枝上，各器官間之供源積儲 (source-sink)關係，需要更進一步之探討。

綜合上述，以屈光度計量測之SSC可以估算菊花葉片可溶性碳水化合物。當供源(source)增加，或積儲(sink)受到限制，SSC會提高，而瓶插壽命延長。然而遭遇逆境或低溫儲藏時，除了可溶性碳水化合物之改變外，澱粉含量亦劇烈變化，使得葉片SSC與瓶插壽命間之關係變得不明。不同品種間之老化過程複雜多變，無法以SSC預判瓶插壽命之長短。

誌 謝

本文稿之完成承吳素卿小姐協助化學分析工作及黃素青小姐協助打字，特此致謝。

參考文獻

1. 沈明來 1997 簡單直線迴歸與簡單相關 p.253-302 生物統計學入門(二版) 九州圖書 台北。
2. 徐碧徽 2004 短期貯藏、母本遮陰與氮鉀肥濃度對菊花插穗發根與生長之影響 pp.106 國立台灣大學園藝學研究所碩士論文。
3. 許謙信, J. G. Atherton, and P. G. Alderson. 2004. 利用葉綠素計量測菊花葉片之老化 台中區農業改良場研究彙報 83:39-51。
4. 鄧國同 1998 茂谷柑之採收成熟度與低溫貯藏之研究 pp.99 國立台灣大學園藝學研究所碩士論文。
5. Adachi, M., S. Kawabata and R. Sakiyama. 1999. Changes in carbohydrate content in cut chrysanthemum [*Dendranthema X grandiflorum* (Ramat.) Kitamura] 'Shuho-no-chikara' stems kept at different temperatures during anthesis and senescence. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 68:505-512.
6. Aoki, S. 1985. Determination of carbohydrate and free amino acids in tea plants with immobilized enzymes and H₂O₂ electrode. *Japan J. Crop. Sci.* 54:235-240.
7. Bertin, N. and C. Gary. 1998. Short and long term fluctuations of the leaf mass per area of tomato plants implications for growth models. *Annals of Botany.* 82: 71-81.
8. Chaves, M. M. 1991. Effects of water deficits on carbon assimilation. *J. exp. Bot.* 42: 1-16.
9. Geigenberger, P., R. Reimholz, M. Geiger, L. Merlo, V. Canale and M. Stitt. 1997. Regulation of sucrose and starch metabolism in potato tubers in response to short term water deficit. *Planta.* 201: 502-518.
10. Gladon, R. J. and G. L. Staby. 1976. Opening of immature chrysanthemums with sucrose and 8-hydroxyquinoline citrate. *Hort. Sci.* 11:206-208.

11. Halevy, A. H. and S. Mayak. 1979. Senescence of postharvest physiology of cut flower, part 1. Hort. Rev. 1:204-236.
12. Jones, R. A. and J. Scott. 1983. Improvement of tomato flavor by genetically increasing sugar and acid contents. Euphytica 32: 845-855.
13. Kadner, R. 2000. Relation between nitrogen and soluble carbohydrate concentrations and subsequent rooting of *Chrysanthemum* cuttings as influenced by nitrogen nutrition of stock plants and cool storage of cuttings. Acta Hort. 517:81-89.
14. Kofranek, A. M. and A. H. Halevy. 1972. Conditions for opening cut chrysanthemum flower buds. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97:578-584.
15. McConchie, R. and N. S. Lang. 1991. Carbohydrate depletion and leaf blackening in *Protea neriifolia*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116: 1019-1024.
16. Olson, K. M. and K. B. Evensen. 1990. The influence of irradiance on ethylene sensitivity and postproduction quality of *Pelargonium Xdomesticum*. Acta hort. 272: 341-346.
17. Rajapakse, N. C., W. B. Miller and J. W. Kelly. 1996. Low temperature storage of rooted chrysanthemum cuttings: relationship to carbohydrate status of cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121:740-745.
18. Rajcan, I. M., L. M. Dwyer and M. Tollenaar. 1999. Note on relationship between leaf soluble carbohydrate and chlorophyll concentration in maize during leaf senescence. Field Crop Research 63:13-17.
19. Reid, M. S. and M. J. Wu. 1992. Ethylene and flower senescence. Plant Growth Regulation. 11: 37-43.
20. Reyes-Arribas, T., J. E. Barrett, T. A. Nell and D. G. Clark. 2000. Effect of ethylene, sucrose and benzyladenine on leaf senescence of two chrysanthemum cultivars 'Tara' and 'Boaldi'. Acta Hort. 518:125-129.
21. Trusty, S. E. and W. B. Miller. 1991. Postproduction carbohydrate levels in pot chrysanthemums. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116:1013-1018.
22. Vargas, L., F. A. Lorente, A. Sanchez, J. L. Valenzuela and L. Romero. 1991. Phosphorus, calcium, pectin and carbohydrate fractions in varieties of watermelon. Acta Hort. 287: 469-476.
23. Vassey, T. L. and T. D. Sharkey. 1989. Mild water stress of *Phaseolus vulgaris* plants leads to reduced starch synthesis and extractable sucrose phosphate synthase activity. Plant physio. 89: 1066-1070.

24. Wada, Y., K. Miura and K. Watanabe. 1993. Effects of source-to-sink ratio on carbohydrate production and senescence of rice flag leaves during the ripening period. *Japan J. Crop. Sci.* 62:547-553.
25. Waes, C. van, J. Baert, L. Carlier and E. van Bockstaele. 1998. A rapid determination of the total sugar content and the average inulin chain length in roots of chicory (*Cichorium intybus* L). *J. Sci. Food and Agri.* 76:107-110.
26. Wang, Z. C. and G. W. Stutte. 1992. The role of carbohydrates in active osmotic adjustment in apple under water stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117: 816-823.
27. Widodo, S.E., M. Shiraishi and S. Shiraishi. 1996. On the interpretation of Brix value for the juice of acid citrus. *J. Sci. Food and Agriculture.* 71 (4): 537-540.
28. Widstrom, N. W., M. E. Carr, M. O. Bagby and L. T. Black. 1988. Distribution of sugar and soluble solids in the maize stalk. *Crop Sci.* 28: 861-863.
29. Yang, J., J. Zhang, Z. Wang, and Q. Zhu. 2001. Activities of starch hydrolytic enzymes and sucrose phosphate synthase in the stems of rice subjected to water stress during grain filling. *J. Exp. Bot.* 52: 2169-2179.
30. Yoshida, S., D. A. Forno, J. H. Cock, and K. A. Gomez. 1976. Determination of sugar and starch in plant tissue. p.46-49. in *Laboratory manual for physiological studies of rice*. International Rice Research Insititute, Los Baños, Laguna, Philippines.

Relationship between Soluble Solid Contents Changes and Senescence of Chrysanthemum Leaves¹

Chian-Shinn Sheu²

ABSTRACT

The soluble solid contents (SSC) of detached chrysanthemum leaves could be regulated by removing sink then accumulating carbohydrate reserves under supplemental lighting. There was a linear relationship between SSC and total soluble carbohydrate (TSC), which was analyzed by chemical analysis, in a series of different SSC. A quadric or a linear regression relationship between SSC and TSC were also found in leaves absorbed 1-5% sucrose.

Leaves harvested in the afternoon had higher SSC and longer vase lives in the dark than leaves harvested in the morning or after 16 hrs of continuous darkness. Detached leaves accumulated more SSC by more supplemental lighting and their vase lives were longer. Both SSC and TSC increased and vase lives extended when leaves were preserved in the solution with 2 or 5% sucrose.

SSC of leaves detached in an irrigated or water stress condition were not significantly different. However, starch reduced markedly when photosynthesis was obviously inhibited under water stress. Vase lives of leaves shortened when plants suffered water-stress. On the other hand, SSC and TSC increased but starch reduced when leaves were stored at 3°C for 5 or 10 days. In consequence, total non-structural carbohydrate decreased and vase lives shortened when leaves experienced 5 or 10 days 3°C storage.

The SPAD (chlorophyll meter reading), SSC, SLW (specific leaf weight) and vase lives of detached leaves among 13 chrysanthemum varieties were significantly different. However, there were no correlations among 4 observed indicators.

¹Contribution No. 0599 of Taichung DARES, COA.

²Assistant Horticulturist of Taichung DARES, COA.

Soluble solid contents measured by a refractometer could estimate total soluble carbohydrates. The vase lives of leaves extended when SSC of leaves were increasingly regulated. However, starch, not SSC, reduced when carbohydrate assimilation was inhibited or leaves were stored in low temperature. SSC of leaves could not be used as vase life indicator of chrysanthemum leaves.

Key words: chrysanthemum, senescence, refractometer, soluble solid contents, carbohydrate.