中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）43(2)：155～164（1994）

水田栽培檳榔心芋全株葉面積之估算

Ⅰ. 非破壞性取樣法[1]

呂秀英[2]　陳烈夫[3]　呂椿棠[2]　賴吉雄[3]

摘要：本研究之主要目的在探討臺灣本地栽培種檳榔心芋於水田栽培時之全株葉面積的簡易估算方法，利用不同時期以非破壞性取樣所測量之單葉面積資料，尋找出一套精確且迅速之簡易方式來估算全株葉面積。本試驗於1991年秋作在臺灣省農業試驗所試驗田區進行，自移植日起至收穫爲止，每隔21天逢機調查10株芋植株，依葉序由外向內測量各不同葉位之葉面積，以建立單葉推測全株葉面積之估算式；繼之再以1992年秋作及1993年春作於同一栽培地點所取得之芋植株逢機樣本，來檢測該估算模式在不同期作下的推測能力。結果顯示，水田栽培檳榔心芋之全株葉面積估算公式，以第3葉之面積乘以4.57，或以第4葉之面積乘以4.01，用來推測出移植後第106天時之全株葉面積的效果較好，同時所含的估算介值最少(僅有一個)。不同期作因氣候條件之變化，使得移植後第106天時的芋植株之生長發育未必相同，但比較春秋作之預測與實際全株葉面積之間的差異，其準確度均可達90%左右。

關鍵詞：芋、全株葉面積、非破壞性取樣、預測模式、準確度。

芋爲天南星科多年生宿根性球莖植物，學名 *Colocasia esculenta*（L.）Schott，爲本省古老民食及傳統健康食品，養份價值高，用途廣泛，目前已成爲臺灣重要夏季蔬菜，及山地居民之重要糧食；同時栽培簡單而省工，適應性廣，爲推廣精緻農業的最佳作物之一。其品種甚多，而以檳榔心芋是臺灣目前主要栽培品種，佔栽培面積的最大部份，在日本市場稱爲臺灣芋，栽培形式可爲旱田或水田栽培。本省栽芋歷史已久，且近年來市場需求量亦逐年增加，如何提高其產量及品質，實爲重要之課題，但目前有關芋作物之基礎研究，國內報告仍頗爲闕如。而測量葉面積是作物生育過程及生理性狀上重要指標之一，與作物光合作用、呼吸作用以至能量之效率均有密切的關係，至於如何確實、迅速地測量葉面積的方法，國外學者曾針對不同的作物，利用統計方法探討葉面積和一些田間非破壞性可測的性狀之關係，再配合指數函數或迴歸方程式有效而準確地估算出葉面積[1,2,4,5,6,8,9,12,13]。有關芋葉面積之估算，Shin and Snyder[12]曾就其當地芋品種，求出其單葉面積的估算式爲最大葉長與葉寬之乘積再乘以估算介值0.785，而國內則有陳等[1]利用葉長及葉寬來估算臺灣本地栽培品種檳榔心芋於水田栽培時之單葉面積，結果顯示，由於芋葉的葉形在整個生長過程中大致維持固定，故毋須藉由葉面積測定器，即可直接利用葉長及葉寬(W)有效地估算出芋之葉面積大小，而且檳榔心芋的葉尖至葉基之最大葉長(L_1)與葉尖至葉片裂刻之葉長(L_2)具有一定的1.21：1之比例關係，因此可任意選擇其中一種的葉長測量值來估算單葉面積，而以後者在取樣過程較爲簡便，其單葉葉面積估算公式

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1716 號。
2. 本所農藝系副研究員及助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 本所農場管理室助理及副研究員兼主任。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

可爲指數函數或迴歸方程式，估算準確度均甚高且相近，其中並以$0.68\times L_1\times W$ 或$0.82\times L_2\times W$ 用來推測單葉面積，爲最簡單且實用。惟芋葉在生長中後期面積相當大，於田間測量時如須逐一調查植株上所有葉片，以求得全株葉面積，仍頗爲費時耗工，而且長時間操作對作物的傷害亦相對增加，反降低了非破壞性取樣之效率。有鑑於此，本研究將進一步建立單葉推測全株葉面積之估算式，以期能更迅速精確地估算出不同生育期之水田檳榔心芋的全株葉面積。

材料及方法

一、試驗材料之栽培及調查

試驗材料爲檳榔心芋，於1991年秋作在本所試驗田間進行，以水田栽培形式種植，整地與種植水稻相同，先將田面充分灌水，然後以牽引機迴轉犁及水田整平器耕耘耙平，使本田呈水平狀態，隔天種植。行株距70×30公分，每行30株，共15行。肥料施用以每公頃施用氮素700公斤、磷酐200公斤及鉀素600公斤，均分於整地及前六個月內施完。芋苗成活後，芋田保持淺水3至5公分，以後隨植株生長水位漸次加深至10公分左右，後期田間保持濕潤狀態。生長期間雜草之控制，以種植後1至3天，每公頃均施5%丁基拉草粒劑30公斤，並保持3至5公分淺水3天，種植後一個月再以同量施用一次。生育期間於3個月及5個月各剷除子芋一次，並適時加以45%三苯醋錫可濕性粉劑防治福壽螺，每公頃每次施藥量0.6至1.2公斤，及噴施45%一品松乳劑防治捲葉蟲及蚜蟲，每公頃每次施藥量1.2至1.5公升，稀釋倍數1000倍。自1991年10月26日移植當天，之後於生長期間每隔21天，自田間逢機取出10株芋植株，至翌年6月15日收穫爲止，共調查12次，依葉序由外向內，利用葉面積測量儀（Model LI-3000，LI-COR Co., U.S.A.）測量各不同葉位之葉面積，然後累計求出各株之全株葉面積。所得之試驗資料將利用統計方法以建立單葉推測全株葉面積之估算式。

二、統計分析方法

由各葉之葉面積與全株葉面積的相關分析結果，找出與全株葉面積相關性最大的葉片，再以指數函數（exponential function）及迴歸方程式（regression equation）建立適當的估算模式，其一般式分別爲：

㈠指數函數　　$TA=k\times A^a$

式中 TA 爲全株葉面積，k 爲常數項，a 爲指數項，A 爲單葉面積。此式即相當於將所有變數先經對數（log）轉換後所建立的迴歸方程式，即

$$\log TA=\log k+a\log A$$

當 a＝1時，可進一步簡化公式爲

$$TA=k\times A$$

即全株葉面積爲單葉面積直接乘以一個常數。

㈡迴歸方程式　$TA=a+b\times A$

式中 a 爲常數項（截距），b 爲迴歸係數估值（斜率），TA 及 A 的定義同前述。

以上各種估算式之配合滿意程度以 R^2（決定係數，coefficient of determination）及 CV（變異係數，coefficient of variation）表示。本研究之各項統計分析工作均依據 SAS（Statistical Analysis System）[10]套裝統計分析軟體，以 IBM 相容個人電腦建檔及運算。

結　果

一、芋葉面積之生長變化

自移植當天起至收穫結束，每隔21天（3週）逢機取樣10株，調查檳榔心芋各生長時期單株平均葉數（LN）、平均單葉面積（A）及全株葉面積（TA）的變化情形，示如圖1，本試驗取一葉齡種

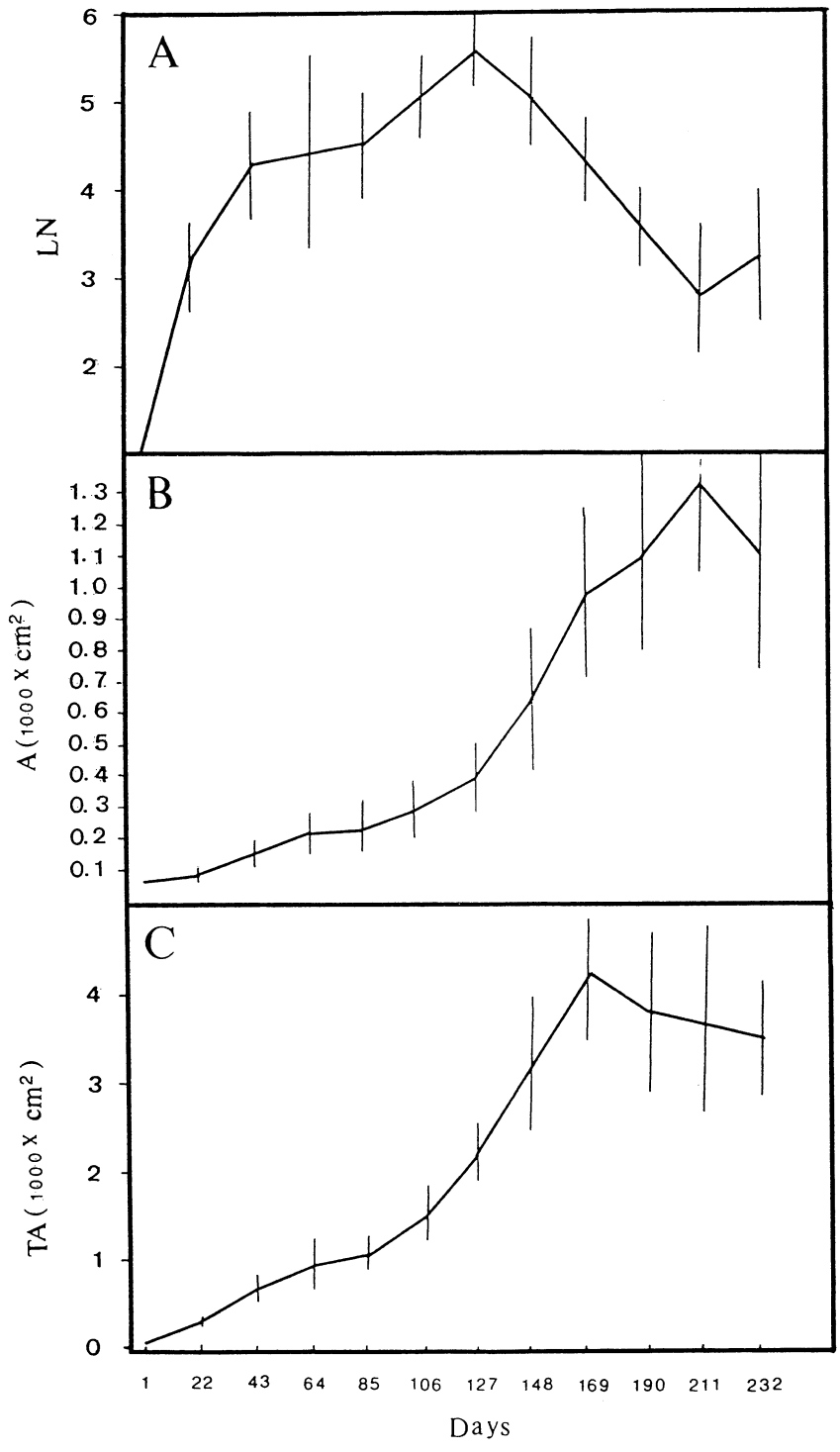


圖1. 芋單株葉數（LN）、單葉面積（A）及全株葉面積（TA）之生長變化。

Fig. 1. Changes of leaf number (LN), individual leaf area (A) and total plant leaf area (TA) during the growth period of taro.

芋移植後，植株葉數即快速增加，在第22天之平均葉數爲3.3片，第43天時爲4.3片，之後增加速度緩慢，至第127天時葉數最多，平均5.6片，接著由於球莖加速膨大，葉數隨即減少（圖1-A）；單葉面積的生長趨勢與葉數恰好相反，在生長初期增加平緩，自移植後127天葉數最多時，單葉面積才開始急速擴展，到第211天之採收適期可達最大，平均1323.9cm²，爾後即因近收穫末期，植株逐漸老化枯萎，葉面積便不再增大而逐漸縮小（圖1-B）；全株葉面積爲葉數與單葉面積的綜合表現性狀，因此在葉數與單葉面積互相消長下，生長初期平緩增加，至第85天起呈快速的直線成長，於第169天達到最大值4236.0cm²後，即逐漸緩慢減少（圖1-C）。

二、利用單葉推測全株葉面積的估算式

依葉序由外向內將各葉面積與全株葉面積進行相關分析，由表 1 得知，以第3、4葉在第106～190天取樣期間的葉面積和全株葉面積之相關性最大，且均無缺葉的可能，此結果顯示利用第 3 或第 4 葉推算水田檳榔心芋移植後第106～190天時的全株葉面積，應最爲可行。按此時正是檳榔心芋的生長中期至採收適期前，其葉片數目變化不大，而平均單葉面積與全株葉面積則呈一致的直線成長（圖 1-A, B, C），故利用單葉面積來推測全株葉面積的效果，當會較其他生長時期爲佳。因此進一步配合模式，求出此等葉位之葉面積在該期間內與全株葉面積（TA）的函數關係。首先考慮指數函數 $TA=k\times A^a$，分析結果（表 2）發現，不論係利用第 3（A_3）或第 4（A_4）葉，皆以第106天取樣時所獲得之關係式的模式配合度最高，其公式各爲

$$TA=3.31\times A_3^{1.06} \quad R^2=0.803$$

$$TA=2.44\times A_4^{1.08} \quad R^2=0.843$$

，兩者間差異甚小，尤其是指數值 a 皆極近於 1，表示該指數函數關係式可進而予以簡化爲 $TA=k\times A$，即單葉面積乘以一個估算介值就能準確而迅速地推測出全株葉面積，由表 3 之結果得知，亦以第3、4葉估算第106天時之檳榔心芋全株葉面積之簡單模式的配合度最高，可寫成

$$TA=4.57\times A_3 \quad R^2=0.819$$

$$TA=4.01\times A_4 \quad R^2=0.810$$

。倘進而另以 $TA=a+b\times A$之迴歸方程式來建立全株葉面積的估算公式，結果（表 4）發現，仍然以第3、4葉推測第106天時之全株葉面積的配合度最好，分別爲

$$TA=-107.64+4.90\times A_3 \quad R^2=0.819$$

$$TA=-186.92+4.51\times A_4 \quad R^2=0.810$$

。無論係以指數函數或迴歸方程式表示的結果，其決定係數 R^2 及變異係數 CV 均極爲相近，顯然該等模式之滿意程度均相差不大，但其中以第 3 葉之面積乘以4.57，或以第 4 葉之面積乘以4.01，來推測出檳榔心芋於移植後第106天之全株葉面積，所含的估算介值最少，僅有一個，應最簡單且實用。

三、葉序之判斷

從上述分析結果，依葉序由外向內，以第3、4葉在第106～190天期間的葉面積和全株葉面積之相關性最大，由於這段期間正是檳榔心芋的生長中期至採收適期前，其葉片數目變化不大，最多維持5～6片（表1），所謂的第3、4葉，其實是相當於植株中間部位的葉片，至於其他非中間部位的葉片，像是外側老葉易受損傷或因凋萎變形，內側初生葉則往往不完全展開，用之以推測全株葉面積的效率，自然不彰。其中利用第3、4葉來推測檳榔心芋移植後第106天之全株葉面積，其模式配合度最高。但在實際應用此全株葉面積估算式時，一旦最外側先長出的葉片提早凋落，則容易造成試驗者對葉序的判斷有所出入，導致估算之準確度降低，可是倘若在葉片一開始長出即逐一標記，並追蹤全生育期各葉片之正確葉位，如同本試驗一般，雖可保證最正確葉序，卻不合乎簡易原則。因此建議，在決定第3、4葉之前，最好先計算一下該植株的葉片數目；因爲檳榔心芋在移植後第106天的葉數最多5～6

片（表1），如有第6葉，通常是不完全展開的初生葉，因此一旦含最內側之初生葉僅有5片，則極有可能最外側的老葉已凋落不見，此時由外向內算起的第2、3片芋葉，才是實際葉序的第3、4葉；又因爲芋葉爲由外向內環狀生長之葉序，其內側葉片發生凋落的機會並不多見，即使不幸因機械傷害或病蟲害感染等意外而發生缺葉，也很容易察覺，所以對實際葉序的判斷不致造成困擾。

表1. 芋不同取樣時期之各葉面積與全株葉面積的相關係數

Table 1. Correlation coefficients for individual leaf area with the total plant leaf area of taro at different sampling times

Days after transplanting	Leaf order					
	1	2	3	4	5	6
1	1.00** (10)[z]					
22	0.05 (7)	0.33 (10)	0.82** (10)	0.84* (6)		
43	0.82** (9)	0.64 (8)	0.82** (10)	0.84** (10)	0.59 (6)	
64	0.66 (6)	0.67* (9)	0.72* (9)	0.73* (10)	0.92** (9)	—[y] (1)
85	−0.12 (7)	0.24 (9)	0.23 (10)	0.49 (9)	0.70* (9)	— (1)
106	0.78** (10)	0.54 (9)	0.83** (10)	0.82** (10)	0.86** (10)	— (1)
127	0.79* (9)	0.90** (10)	0.88** (10)	0.70* (10)	0.94** (10)	0.52 (7)
148	0.66 (6)	0.63 (9)	0.77** (10)	0.87** (10)	0.79** (10)	−0.18 (6)
169	0.98 (3)	0.53 (9)	0.81** (10)	0.89** (10)	0.10 (9)	— (2)
190	— (1)	0.60 (8)	0.82** (10)	0.84** (10)	0.91* (5)	— (1)
211		0.38 (3)	0.73* (9)	0.38 (10)	0.42 (5)	— (1)
232		— (2)	0.31 (8)	0.19 (10)	−0.36 (8)	0.75 (4)

*, ** Significant at 5% and 1% level, respectively.
[z] Numbers of the same leaf order sampled from 10 plants.
[y] Sample number is not enough to estimate and test the correlation coefficient.

表2. 芋不同取樣時期下利用單葉推測全株葉面積之 $TA=k\times A^a$ 估算式的估值

Table 2. Estimates of total plant leaf area parameters from the equation $TA=k\times A^a$ using the individual leaf area of taro at different sampling times

Days after transplanting	k	SE (k)	a	SE (a)	R^2	CV
			Based on 3*rd* leaf order			
106	3.31	1.07	1.06	0.18	0.803	1.36
127	10.78	1.10	0.89	0.18	0.748	1.15
148	19.29	1.48	0.79	0.23	0.602	1.89
169	3.17	1.62	0.99	0.23	0.688	1.43
190	15.06	1.86	0.78	0.26	0.524	2.00
			Based on 4*th* ieaf order			
106	2.44	0.98	1.08	0.17	0.843	1.22
127	86.80	1.45	0.53	0.23	0.389	1.78
148	14.04	0.94	0.82	0.14	0.810	1.31
169	17.29	0.82	0.78	0.12	0.848	0.99
190	22.10	1.42	0.74	0.20	0.621	1.78

表3. 芋不同取樣時期下利用單葉推測全株葉面積之 TA=k×A 估算式的估值

Table 3. Estimates of total plant leaf area parameters from the equation TA=k×A using the individual leaf area of taro at different sampling times

Days after transplanting	k	SE (k)	R^2	CV
		Based on 3*rd* leaf order		
106	4.57	0.44	0.819	9.61
127	5.63	0.47	0.747	8.27
148	5.05	0.74	0.592	14.74
169	4.35	0.49	0.656	11.33
190	3.34	0.52	0.668	15.66
		Based on 4*th* leaf order		
106	4.01	0.35	0.810	8.73
127	4.76	0.72	0.408	15.04
148	4.30	0.47	0.803	10.83
169	3.64	0.33	0.791	9.17
190	3.69	0.52	0.713	14.18

表4. 芋不同取樣時期下利用單葉推測全株葉面積之 TA=a+b×A 估算式的估值

Table 4. Estimates of total plant leaf area parameters from the equation TA=a+b×A using the individual leaf area of taro at different sampling times

Days after transplanting	a	SE (a)	b	SE (b)	R^2	CV
			Based on 3*rd* leaf order			
106	−107.64	277.61	4.90	0.82	0.819	9.44
127	366.72	398.92	4.71	0.97	0.747	8.23
148	895.03	763.07	3.70	1.08	0.592	14.93
169	239.02	1035.76	4.10	1.05	0.656	11.48
190	424.92	883.69	2.95	0.74	0.668	16.17
			Based on 4*rd* leaf order			
106	−186.92	299.11	4.51	0.77	0.810	9.66
127	1167.28	483.95	2.29	0.97	0.408	12.58
148	694.68	492.67	3.40	0.59	0.803	10.37
169	986.83	601.81	2.76	0.50	0.791	8.94
190	840.20	705.86	2.85	0.64	0.713	15.03

四、全株葉面積估算式之預測準確度

爲檢測所建立之檳榔心芋全株葉面積估算式在不同期作的預測能力，本試驗分別於1992年秋作（1992年11月5日移植）及1993年春作（1993年2月5日移植）以相同慣行法行水田栽培的芋作田間內，取移植後第106天之20株的芋植株逢機樣本，依照上述所擬定的葉序判斷準則，分辨出第3、4葉後，測量該兩葉位之單葉面積與實際之全株葉面積。單葉面積求得的方式有兩種：利用葉面積測量儀所測量之實測面積（A_3, A_4），以及利用直尺測量最大葉長及葉寬後以其乘積再乘上0.68[1]所估得的推測面積（A_3', A_4'）。單葉實測面積與推測面積配合以上六種模式，探討預測全株葉面積與實際全株葉面積之間的差異，其結果如表 5 所示。結果得知，利用葉長寬估得全株葉面積，雖然多經過一次的估算步驟，但與使用實測面積的結果比較，其誤差率並不致於提高，由此再度肯定了陳等[1]之單葉面積簡易估算法的效率及實用性。無論是利用指數函數或迴歸方程式，所預測的20株之總葉面積與實際測量者之間的差異，其誤差率（percentege of deviation）均在20%以下，其中並以第 3 葉所估計之

準確度可望提高，秋作及春作之誤差率各在5%及10%以內，倘就平均估算一株芋植株之全株葉面積的誤差率（mean percentege of deviation）來看，則以第4葉的估計效果較好，秋作及春作之平均誤差率各在8%及10%左右。此顯示本研究所配合之模式中，以第3葉之面積乘以4.57，或以第4葉之面積乘以4.01，用來推測出移植後第106天時之全株葉面積的效果較好，同時所含的估算介值最少（僅有一個）；不同期作之間由於氣候條件上的差異，不免會使本研究所建立之單葉估算全株葉面積的準確度受到影響，但其誤差率仍可在10%左右，即其準確度達90%。

表5. 由再取樣的20株芋植株樣本比較各種全株葉面積之估算式的準確度

Table 5. Comparison of accuracy of equations in estimating total plant leaf area of 20 plants of taro from further sampling

Model[z]	Total area measured (cm^2)	Total area predicted (cm^2)	Dev. (%) [y]	Mean dev. (cm^2) [x]	Mean dev. (%) [ω]
Sample in the fall crop of 1992					
$TA=3.31\times A_3^{1.06}$	51,518	57,001	10.64	426.4	16.72
$TA=2.44\times A_4^{1.08}$	51,518	57,155	10.94	293.5	11.37
$TA=4.57\times A_3$	51,518	53,565	3.97	300.2	12.28
$TA=4.01\times A_4$	51,518	55,539	7.80	222.6	8.87
$TA=-107.64+4.90\times A_3$	51,518	55,280	7.30	364.5	14.57
$TA=-186.92+4.51\times A_4$	51,518	58,725	13.99	363.7	13.99
$TA=3.31\times A_3'^{1.06}$	51,518	55,778	8.27	396.2	15.46
$TA=2.44\times A_4'^{1.08}$	51,518	56,489	9.65	262.7	10.39
$TA=4.57\times A_3'$	51,518	52,476	1.86	275.1	11.24
$TA=4.01\times A_4'$	51,518	54,943	6.65	206.0	8.29
$TA=-107.64+4.90\times A_3'$	51,518	54,112	5.04	337.0	13.41
$TA=-186.92+4.51\times A_4'$	51,518	58,055	12.69	336.9	13.24
Sample in the spring crop of 1993					
$TA=3.31\times A_3^{1.06}$	49,997	57,001	14.01	482.1	19.65
$TA=2.44\times A_4^{1.08}$	49,997	57,155	14.32	358.0	14.46
$TA=4.57\times A_3$	49,997	53,565	7.14	356.0	15.02
$TA=4.01\times A_4$	49,997	55,539	11.08	291.3	12.16
$TA=-107.64+4.90\times A_3$	49,997	55,280	10.57	420.2	17.41
$TA=-186.92+4.51\times A_4$	49,997	58,725	17.46	436.4	17.67
$TA=3.31\times A_3'^{1.06}$	49,997	55,778	11.56	451.9	18.35
$TA=2.44\times A_4'^{1.08}$	49,997	56,489	12.99	324.6	13.23
$TA=4.57\times A_3'$	49,997	52,476	4.96	330.8	13.94
$TA=4.01\times A_4'$	49,997	54,943	9.89	265.4	11.10
$TA=-107.64+4.90\times A_3'$	49,997	54,112	8.23	392.7	16.21
$TA=-186.92+4.51\times A_4'$	49,997	58,055	16.12	402.9	16.43

[z] TA=total plant leaf area;
A_3, A_4=real area of the 3*rd* and 4*th* leaf order measured by the leaf area meter;
A_3', A_4'=predicted area of the 3*rd* and 4*th* leaf order estimated by the formulae of area=0.68×length ×width in Chan *et al.*[1]

[y] Percentage of deviation=
|total measured area −total predicted area |× 100／total measured area.

[x] Mean deviation=
$(\sum_{i=1}^{n}|\text{measured area}_i - \text{predicted area}_i|)\ /n$.

[ω] Mean percentage of deviation=
$(\sum_{i=1}^{n}|\text{measured area}_i - \text{predicted area}_i|\times 100/\text{measured area}_i)\ /n$.

討 論

由上述結果可知，利用單葉面積來推測全株葉面積的效果，會因不同取樣時期而異，且由於生長初期芋葉並未完全展開，而後期則外位葉開始凋萎，以致只能在生長中期（如移植後第106天）進行估算始有較理想的結果。檳榔心芋移植後第106天之全株葉面積，則以第 3 或第 4 葉來推測的效果最彰，其原因也是因爲第3、4葉爲植株的中位葉，故比其他未完全展開的內側初生葉及易受損傷凋萎的外側老葉，所推測全株葉面積的效率爲佳。將本研究所建立之單葉估算全株葉面積公式運用於不同期作之水田栽培檳榔心芋試驗，由於外界氣候條件上的改變，葉片之發育及其大小形狀可能會有差異，以致多少會使以單葉估算全株葉面積的準確度受到影響，但由本研究得知，其預測20株的總誤差率仍可在10%左右，即準確度約90%，表示此模式仍有應用之價值，不過倘若外界環境變異太大，如施以不同的田間栽培管理，或氣候有急劇之變化，或受到病蟲害之嚴重傷害等，使得芋植株之生長發育與本試驗有相當之差異，則所獲得之各個估計介值是否仍可適用，則無法得知；至於該估算公式是否亦可適用於不同品種或不同試驗地點，仍有待日後作進一步之探討。

由於芋爲多年生宿根性植物，整個生長期均處於營養生長期，不像其他一、二年生作物，可明顯區分爲營養、生殖、成熟等不同階段，以日數之物理時間（physical time）來劃分其生育期，固然方便，但較不易確實掌握一致的生長階段，即不同試驗之移植後第106天時的芋植株發育階段未必與本研究結果相同，如此可能會使得本研究所建立之全株葉面積估算模式的預測效果受到影響，因此在利用第3、4葉之單葉面積推測出水田檳榔心芋於移植後第106天之全株葉面積時，宜特別注意。一般而言，水田檳榔心芋於移植後 3 個月開始長出子芋，與移植後第106天接近，此或許可作爲參考，以使估算模式之推測能力可更爲準確。倘若試驗者想利用單葉面積推測移植後第106天以外之其他時期的芋全株葉面積，但又不打算將葉片剪下來，建議與其冒然利用單葉面積來估算全株葉面積，而犧牲了準確度，反倒不如全部測量植株上所有的葉片，因爲芋葉之數目並不算太多，如配合陳等[1]所建立之單葉面積的估算式，利用直尺測量留在植株上之葉片的葉長及葉寬後，逐一推算出每片的單葉面積，再予以累計，應不算太困難。惟芋葉在生長中後期之面積相當大，於田間測量時仍得注意，長時間操作對葉片的傷害應降至最低，否則難達成以非破壞性進行取樣的目標。另外，基於研究需要，在農業試驗上經常利用破壞性取樣來獲取資料，或割取植株研製成粉末進行生理分析，或考種進行遺傳育種研究，而植株的乾重都是必測的項目，故可以用植株乾重或葉乾重來表示葉面積[2,3,7,11,12]；如此將不會如同以單葉面積估算全株葉面積的方法一樣，因爲葉位或生長狀況的差異，而影響了估算的準確度。有關以破壞性進行取樣時，利用已知乾物質重的資料直接估算全株芋葉面積的課題，將繼續下次探討。

引用文獻

1. 陳烈夫、呂椿棠、呂秀英、賴吉雄。1993。水田栽培檳榔心芋葉面積之簡易估算法。中華農業研究 42：162—172。
2. 蕭柊瓊、劉清。1987。玉米單葉面積與全株葉面積之簡易估算法。中華農業研究 36：276—282。
3. Aase, J.K. 1978. Relationship between leaf area and dry matter in winter wheat. Agron. J. 70：563—565.
4. Daughtry, C. S. T. and S. E. Hollinger. 1984. Costs of measuring leaf area index of corn. Agron. J. 76：836—841.
5. Francis, C. A., J. N. Rutger, and A. F. E. Palmer.1969. A rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays* L.). Crop Sci. 9：537—539.
6. Kato, M., K. Inthavongsa, and K. Imai. 1989. An estimation of leaf area in edible canna (*Canna edulis*

Ker.) . Japan J. Crop Sci. 58 : 753—754.
7. Ma, L., F. P. Gardner, and A. Selamat. 1992. Estimation of leaf area from leaf and total mass measurements in peanut. Crop Sci. 32 : 467—471.
8. Payne, W. A., C. W. Wendt, L. R. Hossner, and C. E. Gates. 1991. Estimating pearl millet leaf area and specific leaf area. Agron. J. 83 : 937—941.
9. Persaud, N., M. Gandah, M. Ouattara, and N. Mokete. 1993. Estimating leaf area of pearl millet from linear measurements. Agron. J. 85 : 10—12.
10. SAS Institute Inc. 1988. SAS User's Guide : Statistics. Cary, NC.
11. Sharratt, B. S. and D. G. Baker. 1986. Alfalfa leaf area as a function of dry matter. Crop Sci. 26 : 1040—1043.
12. Shih, S. F. and G. H. Snyder. 1984. Leaf area index and dry biomass of taro. Agron. J. 76 : 750—753.
13. Wiersma, J. V. and T. B. Bailey. 1975. Estimation of leaflet, trifoliolate, and total leaf areas of soybeans. Agron. J. 67 : 26—30.

Estimation of Total Plant Leaf Area in Wetland Taro [*Colocasia esculenta* (L.) Schott] I. Non-destructive Sampling[1]

Hsiu-Ying Lu[2], Lit-Fu Chan[3], Chun-Tang Lu[2] and Chi-Hsiung Lai[3]

Summary

This study was made to develop an accurate, simple and rapid method for estimating total plant leaf area of wetland taro [*Colocasia esculenta* (L.) Schott] under different growth periods in Taiwan by using nondestructive sampling. The experiment was conducted in the fall crop of 1991 at Taiwan Agricultural Research Institute (TARI). A total of 10 plants was randomly sampled at 21-day intervals starting at transplanting and ending at harvest. All the leaves were serially numbered from the outer leaf. The area of each leaf were measured. Moreover, to test the predictive ability for models of total plant leaf area estimation in different crop seasons, random samples of 20 plants from the experiments in the fall crop of 1992 and spring crop of 1993 at TARI were also used. Results indicated that the area of the third (A_3) or fouth leaf (A_4) can be used to estimate the total plant leaf area at 106 days after transplanting, by the formulae of $4.57 \times A_3$ or $4.01 \times A_4$, respectively, because the models had the best predictive ability and possessed the least numbr of estimating factors (only one). Although the growth and development of taro plant might be different as a result of climatic variation at the same sampling time, the precision of the predictive models was about 90% for both spring and fall crop.

Key words : Taro, Total plant leaf area. Non-destructive sampling, Predictive model, Precision.

1. Contribution No. 1716 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Respectively, Research statistician and Assistant, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Respectively, Research assistant and Agronomist, Office of Farm Management, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.