中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）35(3)：276～282（1986）

玉米單葉面積與全株葉面積之簡易估算法[1]

蕭柊瓊[2]　劉　清[3]

摘要：本研究的主要目的在於探討臺農 351號玉米品種單葉面積及全株葉面積的簡易估算方法，並比較在不同栽植密度及不同採收時期所求得之估算係數間的差異。本試驗於民國七十四年秋作在本所試驗田區進行，在開花期至子粒充實期間隔週取樣調查，計取樣三次；取樣方法採雙重取樣法(double sampling method)，一爲破壞性取樣（destructive sampling），一爲非破壞性取樣（nondestructive sampling），前者測量樣品之各葉長、寬、面積及乾重，後者則只於田間測量各葉之長及寬。以破壞性取樣所得之資料利用統計方法找出與玉米單葉面積相關最大的性狀，並求此性狀與玉米單葉面積之迴歸關係；再綜合非破壞性取樣及破壞性取樣所得之資料，計算與玉米全株葉面積相關最大的性狀及其迴歸關係。結果顯示玉米葉片之長寬乘積與其單葉面積之相關最大（r＝0.9822），且在不同密度及不同採收時期所求得之迴歸係數均無顯著差異，故取其平均值0.76做爲估算玉米單葉面積的有效介值；而玉米之第八葉面積與全株之葉面積有很大的相關（r＝0.9499），且在不同密度及不同採收時期所求得之迴歸係數亦無顯著差異，故也取其平均值9.27做爲估算玉米全株葉面積的有效介值。

綜合以上結果可知，若欲測量玉米全株之葉面積僅須測量其第八葉之葉長及葉寬，取其乘積再乘以估算單葉面積之介值 0.76 估算出第八葉之面積，再乘以估算全株葉面積之介值 9.27即可很準確地估出全株葉面積。除了以第八葉面積來估算全株葉面積外，本研究亦發現植株葉乾重、全株各葉長之和及葉寬之和與全株葉面積均有很好的直線關係，唯其估算的準確程度皆不如以第八葉面積來估算全株葉面積。

葉面積是表示作物生長潛能最有效的測量項目，育種學家可根據葉面積指數的大小來選擇生長潛力大的品種，而生理學家亦可以藉著葉面積的變化及大小，來模擬作物生長的模式及利用太陽能的效率；然而直接測量葉面積不僅會破壞植株，而且非常耗費時間和人力，而限制了試驗的規模和取樣的大小。

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，再配合迴歸模式[10]有效而準確地估算出葉面積[2,3,4,5,6,7,9,11,12]。有關玉米葉面積的估算，Mckee[5]根據 Montgomery[6] 所提出的迴歸模式求得玉米的單葉面積可由0.73×葉長×葉寬估算之；Pearce 等人[7]則發現玉米全株的葉面積與其第八葉之面積相關最大，並以迴歸方法求得將玉米第八葉面積乘以9.39即可估算全株的葉面積。然不論是估算玉米單葉面積或全株葉面積的係數，皆會因品種[5]或栽培的地點、年度、期作[4]而有所不同，本研究的主要目的即在探討臺灣本地玉米品種單葉面積及全株葉面積的簡易估算方法，並比較在不同栽培密度及不同採收時期所求得估算係數的差異。

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

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第1361號。本計畫承本所農藝系生理研究室之同仁協助試驗工作，謹致謝意。

2.本所農藝系助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

3.本所農藝系前研究員（現爲國立臺灣大學農藝系教授）。

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，Aase [1] 和 Rhoads et al. [8] 分別發現多小麥和棉花全株葉面積與其乾重及葉乾重均有很高的正相關存在，故可以以植株乾重或葉乾重來表示葉面積。本研究亦希望找出玉米植株乾重或葉乾重與全株葉面積的關係，使進行破壞性取樣時，可利用已知乾物重的資料直接估算全株的葉面積。

材料與方法

試驗材料爲臺農 351號，於民國74年秋作在臺中縣霧峰鄉臺灣省農業試驗所試驗田進行，田間管理及肥料用量按一般慣行法實施，生育期間曾加適時之病蟲害防治。

本研究爲探討在不同密度和不同採樣時期，玉米單葉面積及全株葉面積的簡易估算法，故播種時分別以行株距80×10cm（每公頃125,000株）、80×20cm（每公頃 62,500 株）與 80×40cm（每公頃31,250株）之栽培密度進行，田間設計採逢機完全區集法以減少土壤差異，於開花期與子粒充實期間隔週調查，共調查三次。調查分爲兩部分，第一部分爲破壞性的取樣，各處理自田間逢機割取24株玉米植株，依葉序（由上而下）量取全株各葉之長及最大寬，並利用葉面積測量儀（LI-COR Model LI-3000）測量各葉之葉面積，植株烘乾後測其株重及全株葉重；第二部分爲非破壞性取樣，各處理逢機取30株，在田間依葉序量取全株各葉之長及最大寬。

結果與討論

（一）玉米單葉面積的估算

由各性狀資料與玉米單葉面積相關分析的結果，可找出與玉米單葉面積相關最大的性狀，再配合迴歸模式求出此性狀與玉米單葉面積的迴歸關係，所獲得之迴歸係數即爲估算玉米單葉面積的有效介值。

表一 玉米臺農351號單葉面積與葉片各性狀間之相關係數

Table 1. Correlation coefficients between individual leaf area and other leaf characters of maize hybrid Tainung 351

Treatment[a]	Leaf Length	Leaf Width	Square Leaf Length	Square Leaf Width	Leaf Length × Leaf Width
D1—1	0.9135	0.9232	0.9145	0.9187	0.9889
D2—1	0.9147	0.9234	0.9162	0.9186	0.9762
D3—1	0.9377	0.9337	0.9458	0.9321	0.9797
D1—2	0.9484	0.9469	0.9502	0.9444	0.9915
D2—2	0.9325	0.8965	0.9327	0.8963	0.9755
D3—2	0.9241	0.9043	0.9307	0.9070	0.9729
D1—3	0.9337	0.9190	0.9329	0.9149	0.9865
D2—3	0.9356	0.9219	0.9331	0.9188	0.9880
D3—3	0.9170	0.9237	0.9227	0.9248	0.9810

[a]: DN-M: the Mth sampling of density treatment N. Plant spacings of D1, D2 and D3 were 80×10, 80×20 and 80×40cm, respectively.

表二 不同處理間玉米單葉面積對葉長乘葉寬之迴歸係數的比較（t-測驗）

Table 2. Comparisons (t-tests) of regression coefficients of maize individual leaf area on leaf length×leaf width between different treatments

Treatment[a]	D1—1	D2—1	D3—1	D1—2	D2—2	D3—2	D1—3	D2—3	D3—3	Reg. Coef.
D1—1	.....	1.150	0.043	0.733	−2.543*[b]	−1.606	1.799	1.315	1.071	0.7706
D2—1		.....	−1.003	−0.607	−3.213**	−2.367*	0.383	−0.041	−0.121	0.7567
D3—1			.....	0.572	−2.357*	−1.521	1.492	1.084	0.921	0.7701
D1—2				.....	−3.205**	−2.184*	1.244	0.697	0.496	0.7637
D2—2					.....	0.704	3.843**	3.526**	3.255**	0.8036
D3—2						.....	2.855**	2.543*	2.343*	0.7924
D1—3							.....	−0.513	−0.539	0.7519
D2—3								.....	−0.095	0.7572
D3—3									.....	0.7583

[a]: See Table 1 for description of treatments.

[b]: *and**, significant at 5% and 1% level, respectively; otherwise, nonsignificant at 5 % level.

根據第一部分的調查資料，將玉米單葉面積分別和其葉長、葉寬、葉長的平方、葉寬的平方及葉長乘以葉寬等性狀進行相關分析，結果（表1）發現玉米單葉面積（LA）和其葉長乘以葉寬之值（LW）相關最大，其各處理之平均相關係數高達0.9822，此結果顯示LA和LW間有很好的直線關係，遂進行LA和LW之迴歸分析，迴歸模式爲：$LA=LW\times b+\varepsilon$，所得之迴歸係數（b）即爲估算玉米單葉面積的介值。分析結果表(2)發現各處理所得之估算介值經差異顯著性測驗除第二次採樣之第二及第三密度外，其餘七個處理所得之估算介值間均無顯著差異。由於第二次採樣時，葉面積測量儀之轉軸發生故障，測量第二及第三密度處理樣品之葉面積只好改以手測，手測的結果易偏高，可能使得所求之估算介值因人爲誤差而偏高，故去除第二次採樣之第二及第三密度處理所求得之估算介值，仍可推論玉米（臺農351號）在開花期至子粒充實期間 LA 和 LW 的關係相當固定，故取其餘七個處理所求得之迴歸係數的平均值0.76，做爲估算玉米單葉面積的有效介值，即玉米各葉之面積皆可測其葉長及葉寬，取其乘積再乘以0.76而估算之。

（二）玉米全株葉面積的估算

由各葉面積與玉米全株葉面積相關分析的結果，可找出與玉米全株葉面積相關最大的葉片，再配合迴歸模式求出此單葉面積與玉米全株葉面積的迴歸關係，所獲得之迴歸係數即爲估算玉米全株葉面積的有效介值。

合併第一及第二部分調查的資料，各葉之面積均由估算單葉面積有效介值 0.76 乘以葉片之長寬乘積估算。將各葉之面積分別和玉米之全株葉面積進行相關分析，結果（表3）以第八葉面積（LA_8）和玉米全株葉面積（PA）之相關最大，其各處理平均相關係數高達 0.9499，此結果顯示 PA 和 LA_8 間有很好的直線關係，故進行 PA 和 LA_8 之迴歸分析，迴歸模式爲：$PA=LA_8\times b+\varepsilon$，所得之迴歸係數即爲估算玉米全株葉面積的介值，分析結果（表4）發現各處理所得之估算介值間均無顯著差異存在，即在不同密度或不同採次，於開花期至子粒充實期間，PA 和 LA_8 之關係很固定；取所求得之九個估算介值的平均值 9.27 做爲估算玉米全株葉面積的估值，日後若欲測量玉米全株的葉面積時，僅須測量其第八葉之葉長及葉寬，將該葉長及葉寬之乘積乘以0.76即可估算第八葉的面積

，再將所估得之第八葉面積乘以9.27即可估算出玉米全株的葉面積。

表三 全株葉面積與單葉面積之相關係數

Table 3. Correlation coefficients between total plant leaf area and individual leaf area

Leaf order	Treatment[a]								
	D1—1	D2—1	D3—1	D1—2	D2—2	D3—2	D1—3	D2—3	D3—3
1	0.449	0.565	0.599	0.449	0.642	0.580	0.688	0.484	0.568
2	0.598	0.661	0.582	0.575	0.713	0.548	0.734	0.585	0.625
3	0.698	0.724	0.623	0.672	0.795	0.613	0.775	0.715	0.701
4	0.734	0.811	0.721	0.767	0.810	0.701	0.828	0.783	0.724
5	0.836	0.905	0.836	0.841	0.889	0.769	0.872	0.820	0.717
6	0.904	0.905	0.882	0.883	0.911	0.862	0.915	0.877	0.869
7	0.961	0.915	0.956	0.926	0.955	0.905	0.931	0.904	0.928
8	0.970	0.961	0.956	0.953	0.968	0.947	0.959	0.929	0.906
9	0.950	0.948	0.891	0.966	0.959	0.909	0.936	0.896	0.917
10	0.903	0.930	0.890	0.933	0.930	0.881	0.875	0.873	0.879
11	0.841	0.869	0.851	0.857	0.877	0.837	0.590	0.841	0.807
12	0.847	0.847	0.821	0.843	0.834	0.803	0.755	0.813	0.760
13	0.834	0.752	0.771	0.824	0.712	0.751	0.625	0.681	0.626
14	0.821	0.693	0.712	0.618	0.633	0.567	0.484	0.447	0.359

[a] : See Table 1 for description of treatments.

表四 不同處理間玉米全株葉面積對第八葉面積之迴歸係數的比較（t- 測驗）

Table 4. Comparisons (t-tests) of regression coefficients of maize total leaf area on the 8th leaf area between different treatments

Treatment[a]	D1—1	D2—1	D3—1	D1—2	D2—2	D3—2	D1—3	D2—3	D3—3	Reg. Coef.
D1—1	.....	−0.086[b]	−0.501	0.316	0.058	−0.210	0.565	0.094	−0.059	9.2803
D2—1		.....	−0.426	0.395	0.142	−0.129	0.629	0.166	−0.002	9.3447
D3—1			.....	0.801	0.557	0.280	1.024	0.515	0.295	9.6530
D1—2				.....	0.256	−0.507	0.238	−0.159	−0.270	9.0400
D2—2					.....	−0.265	0.499	0.048	−0.099	9.2347
D3—2						.....	0.732	0.268	0.088	9.4436
D1—3							.....	−0.345	−0.418	8.8566
D2—3								.....	−0.126	9.1919
D3—3									.....	9.3468

[a] : See Table 1 for description of treatments.
[b] ; See Table 2 for notations of test result.

本研究所得之估算玉米單葉面積及全株葉面積的介值 0.76及9.27，與 Montgomery [6] 和Mckee [5] 所求得之估算玉米單葉面積的介值0.75和0.73，及Pearce [7] 所求得之估算玉米全株葉面積的介值9.39不盡相同，此乃試驗所採用之品種及臺灣本土與美國栽培環境之不同所造成。唯本試驗既以本地品種在臺灣本土栽培，所得之結果自將更適合於本地研究者所採用。

除了以第八葉之面積來估算玉米全株葉面積外，本研究亦將玉米全株之葉面積分別和其植株乾重、植株葉乾重、全株各葉長之和及各葉寬之和等性狀進行相關分析，結果（表 5）以植株葉乾重與全株葉面積之相關最高，全株各葉寬之和（ΣW）及全株各葉長之和（ΣL）次之；將此三個性狀分別和全株葉面積進行迴歸分析，得下列三個迴歸方程式：

全株葉面積＝205×植株葉乾重 …… （1）

全株葉面積＝63.6×全株各葉寬之和 （ΣW） …… （2）

全株葉面積＝6.11×全株各葉長之和 （ΣL） …… （3）

（1）式表示將植株葉乾重乘以205即可估算玉米全株葉面積，其估算之準確程度達 92%；（2）式則以全株各葉寬之和來估算全株之葉面積，其估算介值爲63.6，估算之準確度爲88%；（3）式以全株各葉長之和乘以6.11來估算全株之葉面積，估算準確度爲87%，唯在非破壞性的取樣試驗中，測量葉長遠較葉寬之人爲誤差少，也較易於實行，故此方程式仍有其特殊的意義。

綜合上述可知，無論是破壞性取樣或是非破壞性取樣的試驗皆有簡易的方法來估算玉米全株葉面積，然本試驗所獲得之各個估算介值是否可適用於不同生育期、不同期作、不同品種或不同的試驗地點，皆將於日後做進一步的探討。

表五 全株葉面積和各項性狀間之相關係數

Table 5. Correlation coefficients between total plant leaf area and other leaf characters

Treatment[a]	Sum of Leaf Length (L)	Sum of Leaf Width (W)	Leaf Dry WT per Plant	Total Dry WT per Plant
D1—1	0.8455	0.8791	0.8345	0.6211
D2—1	0.9067	0.9054	0.9460	0.8604
D3—1	0.9269	0.9553	0.9371	0.7053
D1—2	0.9031	0.9488	0.9223	0.6609
D2—2	0.7709	0.7596	0.9011	0.7897
D3—2	0.9356	0.8989	0.9311	0.7235
D1—3	0.8749	0.8187	0.9377	0.6464
D2—3	0.8612	0.8932	0.9633	0.8217
D3—3	0.8326	0.9031	0.9490	0.6136

[a]: See Table 1 for description of treatments.

參 考 文 獻

1. Aase, J. K. 1978. Relationship between leaf area and dry matter in winter wheat. Agron. J. 70 : 563-565.
2. Chanda, S. V., A. K. Joshi, P. P. Vaishnav and Y. D. Singh. 1985. Leaf area determination in pearl millet using linear measurements-area and matter-area relationships. Photosynthetica. 19(3) : 424-427.
3. Daughtry, C. S. T. and S. E. Hollinger. 1984. Costs of measuring leaf area index of corn. Agron. J. 76 : 836-841.
4. Francis, C. A., J. N. Rutger and A. F. E. Palmer. 1969. A rapid method for plant leaf area estimating in maize. Crop Sci. 9 : 537-539.
5. Mckee, G. W. 1964. A coefficient for computing leaf area in hybrid corn. Agron. J. 56 : 240-241.
6. Montgomery, F. G. 1911. Correlation studies in corn. Nebraska Agr. Exp. Sta. 24th Annual Report.
7. Pearce, R. B., J. J. Mock and T. B. Baily. 1975. Rapid method for estimating leaf area per plant in maize. Crop Sci, 15 : 691-694.
8. Rhoads, F. M. and M. E. Bloodworth. 1964. Area measurement of cotton leaves by a dry weight method. Agron. J. 56 : 520-522.
9. Sepaskhah, A. R. 1977. Estimation of individual and total leaf areas of safflowers. Agron. J. 69 : 783-785.
10. Snedecor, G. W. 1956. Statistical Methods. 5th ed. Iowa State Univ. Press. 512pp.
11. Stickler, F. C., S. Wearden and A. W. Pauli. 1961. Leaf area determination in grain sorghum. Agron. J. 53 : 187-188.
12. Wiersma, J. V. and T. B. Baily. 1975. Estimation of leaflet, trifoliolate, and total leaf areas of soybeans. Agron. J. 67 : 26-30.

A Simple Method for Estimating Individual and Total Leaf Area of Maize[1]

D. C. Shiou[2] and C. Liu[3]

Summary

This study was aimed to find a rapid, nondestructive and accurate method of measurement for estimating the individual leaf area and total leaf area of maize. The experiment was conducted by using maize hybrid Tainung 351 in the fall crop of 1985 at Taiwan Agricultural Research Institute. Three samplings were made at one week interval, starting from anthesis, for plants grown under three spacings, i. e., 80×10, 80×20 and 80×40cm. The double-sampling method was employed. For the destructive part of sampling, the length, width, area and dry weight of each individual leaf were measured. For the nondestructive part of sampling, only the length and width of individual leaf were measured in the field. By statistical analysis of the data from destructive samplings, the most correlated leaf characteristics and its regression relationship with individual leaf area were determined. By combining the data of destructive and nondestructive samplings, similar infomation on total leaf area per plant was obtained.

The product of leaf length and width was found to be the most correlated characteristics with individual leaf area ($r=0.9822$). The regression coefficients obtained from various density treatments and sampling stages were statistically the same. It was thus suggested that the average regression coefficient of 0.76 would be efficient for estimating individual leaf area.

The area of the 8th leaf(counted from the top)was the most correlated characteristics with total plant leaf area and the regression coefficients obtained from various density treatments and sampling stages were not significantly different, therefore the average regression coefficient of 9.27 would be efficient for estimating the total plant leaf area.

1. Contribution No. 1361 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Assistant Statistician, Department of Agronomy, TARI. Wufeng, Taichung Hsien , Taiwan 41301, ROC.

3. Formerly Senior Statistician, Department of Agronomy, TARI; currently Professor, Department of Agronomy, National Taiwan University, Taipei , Taiwan, ROC.