ISSN 0376-477X

中華農業研究

第四十九卷　　第 三 期

目　次

水稻非破壞性葉面積估算模式之準確度及應用性的比較
.....陳烈夫 呂秀英 魏夢麗 呂椿棠… 1
穀物收穫量測定器的推估值應用於水稻產量比較試驗之可行性探討
.....羅正宗 陳一心…14
外來種源與台南白自交系F_1雜種後裔之產量雜種優勢及其鮮食用之潛能
.....謝光照 曾富生…23
外來白胚乳玉米自交系間F_1雜種後裔之產量潛能探討
.....謝光照 何千里 盧煌勝…34
桃需冷量與海拔高度間的相互關係
.....歐錫坤 黃明福 李清彬 呂仕仁 宋家瑋…46
加溼控制方法對杏鮑菇瓶栽自動化生產之影響
.....彭金騰 戴閔聰 蔡英芳…54
米糠對不同杏鮑菇品系瓶栽自動化生產之影響(英文)
.....彭金騰 李建民 蔡英芳…60
香菇切柄機之研製.....梁連勝 黃國祥 周廷弘…68

中華民國八十九年九月

行政院農業委員會農業試驗所出版

中華民國 臺灣省 臺中縣 霧峰鄉

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(3): 1～13 (2000)

水稻非破壞性葉面積估算模式之準確度及應用性的比較[1]

陳烈夫[2]　呂秀英[3]　魏夢麗[3]　呂椿棠[3]

摘要：葉面積是作物生理及農業研究上表示作物生長潛能最有效的測量項目。葉面積估算模式的發展必須建立在可信且快速的非破壞方法。本研究之目的在檢測二十四種水稻葉面積估算模式。這些模式都是利用一些田間非破壞性可測性狀（如葉長、葉寬）乘以某個葉面積係數(K)來估算出全株葉面積，但不同模式之葉面積係數K的量度方式不儘相同。有些模式是同時測量葉長及最大葉寬，而有些則是僅測量葉長而已；有些模式需要測量植株上的所有葉片，另有些則僅利用到部份葉片。本研究以台粳8號、台粳9號、台粳10號及台農67號四個水稻品種爲試驗材料，以進行模式的估算、驗證與評估。由試驗結果得知，雖然不同節位不同分蘗的葉片都有其個別K值的模式，其用以推估全株葉面積的預測能力最準確，但卻最耗時費工。縱然水稻劍葉和下位葉的葉相往往有差異，但似乎不需要區分劍葉和下位葉有不同的K係數。最適模式的選擇主要決定於試驗探討之目的，若擬評估的基因型數甚多（例如育種施行程序中的試驗），可以利用所有葉片的葉長和最大葉寬直接乘以一個0.71的平均K值來共同估計四個水稻品種的全株葉面積，此係數與基因型種類無關。若參試基因型有限但取樣植株很多時（例如評估環境因素對生長之影響），使用更省工省時的模式是有必要的，像是僅利用部份葉片（所有下位葉、第2~4葉、第2~3葉等）之葉長與最大葉寬的簡便模式來推估水稻全株葉面積，甚至於僅測量所有葉片或僅測量所有或前三片下位葉之葉長的簡便模式。但愈是操作簡單迅速的方法，其預測葉面積的準確度不免降低。在田間實際操作時，葉長的測量會比最大葉寬簡單且準確得多，同時有利於估算未完全展開葉片的葉面積。

關鍵詞：水稻、葉面積、非破壞性測量、預測準確度、模式。

前　言

葉面積是表示作物生長潛能最有效的測量項目，育種家可根據葉面積指數的大小來選擇生長潛能大的品種，而生理學家也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。但是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及取樣的大小。葉面積估算模式的發展必須建立在可信且快速的非破壞方法上[9]。目前成功地利用線性測量的模式來預測葉面積的作物有玉米[5,9,10,15,19,24,26]、高粱[12,25,26]、狼尾粟[16]、珍珠粟[18, 19]、甜菜[14]、大豆[27]、綠豆

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2031號。
2. 本所農場管理室助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 本所農藝系研究員、助理研究員及助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

[6]、花生[13]、向日葵[22]、食用美人蕉[11]、芋[2, 24]、水稻[17]等。這些模式都是利用統計方法探討葉面積和一些田間非破壞性可測性狀（如葉長、葉寬）間的關係，再配合迴歸模式有效而準確地估算出葉面積。其中最簡單的葉面積估算模式，是利用葉長及葉寬之乘積僅乘上某個係數(K)，例如Palaniswamy and Gomez[17]求出水稻的葉面積在乾燥及潮濕季節分別爲其葉長及葉寬的乘積之0.73與0.75倍。但是郭及李[3]指出，美國稻與與東方稻葉部性狀互有不同。因此除了要考慮葉面積生長可能受到環境效應影響以外，該葉面積係數K的大小在品種之間未必一致，亦即國外試驗研究所估得的K值，未必就適用於國內品種。再者，水稻在抽穗後不同節位葉片長度有明顯差異，一般而言水稻葉片長度以劍葉最短，第3葉最長，而且各節位葉片長度間的相對關係亦有明顯的品種間及期作間差異[4]。因此，同一水稻品種由劍葉或下位葉所估得的K值，可能不儘相同。由此可見，有關水稻葉面積估算模式之建立，其實更複雜於其他穀類作物，故有必要就其不同節位葉片及不同品種間的變異性再予詳細研究探討。然而，若是所建立之模式必須針對植株所有葉片都進行葉長及葉寬的測量，此或許可信度極高，卻相當耗時費力，在不嚴重影響準確度下，更簡易的模式是值得考慮的，例如僅測量某節位的葉片來估算全株葉面積。進而，使用葉長及葉寬測量所估得之葉面積係數，是無法有效估算出未完全展開葉片的葉面積，而且最大葉寬在田間實際操作時亦容易產生測量誤差，對此，模式或許可再考慮簡化到僅利用葉長測量。

本研究針對國內栽培面積最廣的台粳8號、台粳9號、台粳10號及台農67號四個水稻品種葉片生長的特性，提出二十四種不同的水稻葉面積估算模式，並利用兩年一期作之試驗資料進行模式預測準確度之驗證與應用性之評估，期能從中選出一個有效且簡易的模式，該模式不但能兼顧劍葉和下位葉之性狀差異，也能適用於未完全展開葉片之測量。水稻葉面積估算模式在不同品種間的變異性，本研究亦將一併探討。

材料與方法

一、試驗材料之栽培

本試驗分別於1999年及2000年一期作在行政院農業委員會農業試驗所農場田區進行，所使用之水稻材料爲國內栽培面積最廣的台粳8號、台粳9號、台粳10號及台農67號四個水稻品種。水稻栽培時之行株距爲30 × 15cm，採單本植，小區面積1.2 × 3m，重複三次，採用完全逢機區集設計。施用之肥料用量均爲$N:P_2O_5:K_2O$=150:58:90 kg/ha，其中氮肥60 kg/ha與磷、鉀全量以基肥施用，其餘之氮肥分兩次用爲追肥；栽培管理依慣行法爲之。

二、葉片性狀之調查測量

各水稻品種生長至齊穗期時，兩年分別自各小區逢機取樣5及10株，三重複，故1999年及2000年各取樣15及30株。將所有取樣植株分別區分主桿（0）及各分蘗（1,2…）後，再依節位自上而下將葉片再區分爲劍葉（第1）及第2、3、4、5…等葉。由於水稻葉片在摘下後很容易因水分蒸散而導致葉片捲曲，而使得葉寬不易準確測得，因此本研究將所有標記的葉片平鋪並黏貼於畫有3cm比例尺的白色壓克力板上，以高解析度數位相機(德國Agfa ePhoto 1680)將每一葉片的影像攝影存檔。然後，利用影像測量軟體(SigmaScan Pro)[23]讀取影像檔案並測量各葉片的葉長、最大葉寬及葉面積。利用最新發展的影像處理技術，不但能更快速且準確地測量葉片各項性狀[7]，同時其所測得的葉面積值與傳統的葉面積儀所得者之間的相關係數亦高達0.98[1]；葉片影像可建檔永久保存，有利於重複測量，也是運用影像處理技術於葉片性狀調查的優點之一。

三、模式之發展與驗證

二十四種水稻葉面積估算模式，列於表1。葉面積係數K由每株實際葉面積除以葉長和最大葉寬之乘積（模式LW1～LW12），或除以葉長估得（模式L1～L12）。模式LW1爲不同分蘗不同節位均各

表 1. 水稻葉面積的預測模式

Table 1. Predictive models[z] proposed for total leaf area of rice plant

Label	Model	Total leaf area/plant	Label	Model	Total leaf area/plant
LW1	$K_{L\times W}$(leaf-tiller level)	$\sum_{i=1}^{n_j}\sum_{j=1}^{m}K_{ij}\times L_{ij}\times W_{ij}$	***L1***	K_L (leaf-tiller level)	$\sum_{i=1}^{n_j}\sum_{j=1}^{m}K_{Lij}\times L_{ij}$
LW2	$K_{L\times W}$ (leaf level)	$\sum_{i=1}^{n_j}(K_i\times\sum_{j=1}^{m}(L_i\times W_i)_j)$	***L2***	K_L (leaf level)	$\sum_{i=1}^{n_j}(K_{Li}\times\sum_{j=1}^{m}(L_i)_j)$
LW3	$K_{L\times W}$ (flag + lower)	$K_f\times\sum_{j=1}^{m}(L_f\times W_f)_j+K_l\times\sum_{j=1}^{m}(L_l\times W_l)_j$	***L3***	K_L (flag + lower)	$K_{Lf}\times\sum_{j=1}^{m}(L_f)_j+K_{Ll}\times\sum_{j=1}^{m}(L_l)_j$
LW4	$K_{L\times W}$	$K\times\sum_{i=1}^{n_j}\sum_{j=1}^{m}(L_i\times W_i)_j$	***L4***	K_L	$K_L\times\sum_{i=1}^{n_j}\sum_{j=1}^{m}(L_i)_j$
LW5	$K_{L\times W}$ (flag)	$K_f\times\sum_{j=1}^{m}(L_f\times W_f)_j$	***L5***	K_L (flag)	$K_{Lf}\times\sum_{j=1}^{m}(L_f)_j$
LW6	$K_{L\times W}$ (lower)	$K_l\times\sum_{j=1}^{m}(L_l\times W_l)_j$	***L6***	K_L (lower)	$K_{Ll}\times\sum_{j=1}^{m}(L_l)_j$
LW7	$K_{L\times W}$ (2^{nd} leaf)	$K_{(2)}\times\sum_{j=1}^{m}(L_{(2)}\times W_{(2)})_j$	***L7***	K_L (2^{nd} leaf)	$K_{L(2)}\times\sum_{j=1}^{m}(L_{(2)})_j$
LW8	$K_{L\times W}$ (3^{rd} leaf)	$K_{(3)}\times\sum_{j=1}^{m}(L_{(3)}\times W_{(3)})_j$	***L8***	K_L (3^{rd} leaf)	$K_{L(3)}\times\sum_{j=1}^{m}(L_{(3)})_j$
LW9	$K_{L\times W}$ (1^{st}, 2^{nd} leaves)	$K_{(1,2)}\times\sum_{j=1}^{m}(L_{(1,2)}\times W_{(1,2)})_j$	***L9***	K_L (1^{st}, 2^{nd} leaves)	$K_{L(1,2)}\times\sum_{j=1}^{m}(L_{(1,2)})_j$
LW10	$K_{L\times W}$(2^{nd}, 3^{rd} leaves)	$K_{(2,3)}\times\sum_{j=1}^{m}(L_{(2,3)}\times W_{(2,3)})_j$	***L10***	K_L (2^{nd}, 3^{rd} leaves)	$K_{L(2,3)}\times\sum_{j=1}^{m}(L_{(2,3)})_j$
LW11	$K_{L\times W}$(1^{st},2^{nd},3^{rd} leaves)	$K_{(1,2,3)}\times\sum_{j=1}^{m}(L_{(1,2,3)}\times W_{(1,2,3)})_j$	***L11***	K_L (1^{st}, 2^{nd},3^{rd} leaves)	$K_{L(1,2,3)}\times\sum_{j=1}^{m}(L_{(1,2,3)})_j$
LW12	$K_{L\times W}$(2^{nd},3^{rd},4^{th} leaves)	$K_{(2,3,4)}\times\sum_{j=1}^{m}(L_{(2,3,4)}\times W_{(2,3,4)})_j$	***L12***	K_L (2^{nd}, 3^{rd}, 4^{th} leaves)	$K_{L(2,3,4)}\times\sum_{j=1}^{m}(L_{(2,3,4)})_j$

[z] K=leaf area coefficient, i=leaf position, j=tiller level, $\sum_{j=1}^{m}n_j$=total leaf number;

L_{ij}, W_{ij}=leaf length and maximum width of the ith leaf on the jth tiller;

L_{fj}, W_{fj}= leaf length and maximum width of the flag leaf on the jth tiller;

L_{lj}, W_{lj}= mean leaf length and maximum width of the lower leaves on the jth tiller.

有相異的K估值，故若以非破壞取樣時必須就不同分蘗各節位之葉片的長和寬分別乘上各自的K值，並予總計後才能估算出全株葉面積；模式L1與模式LW1類似，惟僅須測量所有葉片的葉長即可。模式LW2及模式L2爲不考慮分蘗變異下不同節位各有其K估值，但前者須多測量最大葉寬。模式LW3及模式L3則不考慮分蘗變異下劍葉和其他下位葉各自有其K值，因此模式中僅含有兩個K係數。模式LW4~LW12及模式L4~L12則更簡化到僅含有一個K係數，但所測量的葉位及葉數不儘相同：模式LW4和模式L4是不分節位利用所有葉片，以其葉長和最大葉寬（模式LW4）或葉長（模式L4）都乘上一個相同的K值以估算全株葉面積；模式LW5和模式L5是僅測量植株的劍葉以預測全株葉面積；模式LW6和模式L6則是利用下位葉來預測全株葉面積；模式LW7和模式L7是僅測量植株的第2葉（即第一片下位葉）以預測全株葉面積；模式LW8和模式L8是僅測量植株的第3葉（即第二片下位葉）來預測全株葉面積；模式LW9和模式L9是利用植株的第1、2葉（即劍葉和第一片下位葉）來預測全株葉面積；模式LW10和模式L10是利用植株的第2、3葉（即第一、二片下位葉）來預測全株葉面積；模式LW11和模式L11則利用植株的第1、2、3葉（即劍葉和第一、二片下位葉）來預測全株葉面積；模式LW12和模式L12則利用植株的第2、3、4葉（即第一、二、三片下位葉）來預測全株葉面積。利用模式LW1～LW4和模式L1～L4預測全株葉面積時必須測量所有葉片，而其他模式則僅需測量部份葉片即可。模式LW1所用到的葉數最多，且須區分葉片所在之節位及分蘗，及同時測量葉長和葉寬，爲最精確但費工的模式；而模式L5、L7、L8所用到的葉數最少，僅須分別用到第1（劍葉）、第2及第3葉，且只要測量葉長即可，爲最省工經濟的模式。

爲使所建立之水稻葉面積估算模式能更趨完善，將第一年之15株葉片測量資料作爲模式建立數據

(estimation data)以估算上述各模式中之葉面積係數K值，而利用第二年之30株葉片測量資料作爲模式驗證數據(validation data)以檢測各模式的預測準確度。

根據所預測的葉面積與實際測量的葉面積之間的離差，估算平均誤差(mean deviation) [2]、平均誤差率(mean percentage of deviation, %) [2]及預測誤差均方(mean squared error of prediction, MSEP) [8]。平均誤差、平均誤差率及預測誤差均方的計算公式如下：

$$MD = (\sum_{i=1}^{p} | TLAm_i - TLAe_i |) / p$$

$$MPD(\%) = (\sum_{i=1}^{p} | TLAm_i - TLAe_i | \times 100 / TLAm_i) / p$$

$$MSEP = (\sum_{i=1}^{p} | TLAm_i - TLAe_i |)^2 / p$$

式中TLAm爲實際測量的全株葉面積，TLAe爲由預測模式所估得的全株葉面積，p爲預測株數。

本研究之各項統計分析均依據SAS(Statistical Analysis System) [21]套裝統計分析軟體，於個人電腦建檔及運算。

結果與討論

一、模式的發展及估算

台稉8號、台稉9號、台稉10號及台農67號水稻品種利用第一年試驗資料各以不同葉面積預測模式所得之K係數估計值及其變異係數，列如表2。葉面積係數K由每株實際葉面積除以葉長和最大葉寬之乘積（模式LW1～LW12），或除以葉長估得（模式L1～L12）。

模式LW1定義不同分蘗不同節位的葉片均各有其相異K值，而根據葉位的差異，台稉8號、台稉9號、台稉10號及台農67號的葉面積係數分別在0.67~0.73、0.64~0.76、0.66~0.71及0.66~0.74之間。由模式LW1之K值估計結果，同一節位不同分蘗間的K值大致上均極爲相近，即水稻葉相似乎並不會因著生分蘗而異，因此應該可以進而將該模式簡化爲僅考慮節位變異的模式LW2。由模式LW2，四個品種不同節位的葉片K值均相近，分別在0.69~0.73、0.74~0.70、0.69~0.71及0.71~0.73之間。一般而言，水稻劍葉和下位葉的葉相有明顯之不同，因此將劍葉與下位葉區分開來，分別估計其葉面積係數，應該是適當的作法，故建立模式LW3。台稉8號之劍葉及下位葉的K估值分別爲0.73及0.70，台稉9號之劍葉及下位葉的K估值分別爲0.74及0.71，台稉10號之劍葉與下位葉之K估值皆爲0.70，台農67號之劍葉與下位葉之K估值皆爲0.71。模式LW3必須測量所有葉片，將所有劍葉之長寬乘積乘以劍葉K值所得到的預測葉面積，加上所有下位葉之長寬乘積乘以下位葉K值所得到的預測葉面積，才是所預測的全株葉面積。若不考慮劍葉與下位葉之間的差異性，全株所有葉片都建立一個共同的葉面積係數，則模式可進而簡化爲模式LW4。在模式LW4下，台稉8號、台稉9號、台稉10號及台農67號的葉面積係數K估值，分別爲0.71、0.72、0.70及0.71。若能僅測量某節位的葉片來估算全株葉面積，當可節省更多人力和時間，例如僅利用單一葉片（LW5、LW7、LW8）、兩片葉（LW9、LW10）、三片葉（LW11、LW12）或所有下位葉（LW6）推估全株葉面積的簡易估算法。顯然，利用單葉之估算模式所得的K值，較利用多葉之估算模式所得的K值均有較高的CV值，表示其K估值有較大的變異。估算模式中所利用到的葉片節位愈多，K值的變異性愈能獲得改善。台稉8號、台稉9號、台稉10號及台農67號之模式LW6的葉面積係數K估值分別爲0.92、0.96、0.90及0.94。

模式L1～L12分別爲模式LW1～LW12缺少最大葉寬之變數的簡化模式。根據模式L1之不同分蘗不同節位的K值估計結果，台稉8號、台稉9號、台稉10號及台農67號的葉面積係數分別在0.84~1.04、0.83~1.16、0.80~1.07及0.83~1.05之間，與模式LW1之配合結果比較，模式L1劍葉部份的K係數之CV值明顯較模式L1所得者高出很多，而其他節位葉片的K係數之CV值則相異不大（除

表2. 台粳8號，台粳9號，台粳10號及台農67號水稻品種以不同葉面積預測模式所估得之K係數估計值及其變異係數(CV)

Table 2. Estimates and coefficients of variation (CV) of the K coefficients for the rice cultivars Taikeng 8, Taikeng 9, Taikeng 10 and Tainung 67 from different predictive models of leaf area

Model [z]	Leaf position [y]	Tiller level [x]	Taikeng 8		Taikeng 9		Taikeng 10		Tainung 67	
			K	CV(%)	K	CV(%)	K	CV(%)	K	CV(%)
LW1	1	0	0.72	4.85	0.73	7.47	0.68	7.11	0.70	6.06
	1	1	0.73	4.96	0.74	4.96	0.70	5.27	0.72	9.78
	1	2	0.73	6.70	0.74	5.69	0.71	4.31	0.72	6.67
	2	0	0.71	4.59	0.76	4.42	0.71	7.48	0.71	4.35
	2	1	0.70	5.22	0.73	5.09	0.71	4.84	0.72	8.58
	2	2	0.70	8.05	0.70	8.93	0.69	7.26	0.71	9.27
	3	0	0.70	4.49	0.73	3.80	0.69	6.83	0.70	5.04
	3	1	0.70	4.90	0.71	5.77	0.71	5.58	0.72	7.53
	3	2	0.69	8.62	0.71	7.53	0.68	5.31	0.72	9.63
	4	0	0.70	4.34	0.72	6.77	0.66	9.78	0.71	11.55
	4	1	0.69	7.35	0.71	6.00	0.71	6.20	0.71	9.19
	4	2	0.72	13.66	0.70	6.99	0.68	7.63	0.70	8.20
	5	0	0.67	-	-	-	0.68	8.80	0.66	-
	5	1	0.70	2.89	0.73	3.32	0.69	8.71	0.74	6.94
	5	2	-	-	0.64	23.62	0.68	-	-	-
LW2	1	all	0.73	3.02	0.74	2.47	0.70	3.04	0.71	6.08
	2	all	0.70	2.35	0.72	2.45	0.71	2.31	0.72	2.86
	3	all	0.70	2.13	0.71	2.60	0.70	1.90	0.72	3.01
	4	all	0.69	3.81	0.70	3.27	0.70	2.65	0.71	3.28
	5	all	0.70	2.22	0.73	2.18	0.69	3.16	0.73	3.75
LW3	flag(1)	all	0.73	3.02	0.74	2.47	0.70	3.04	0.71	6.08
	lower	all	0.70	2.21	0.71	2.26	0.70	1.84	0.71	1.40
LW4	all	all	0.71	1.64	0.72	1.32	0.70	0.98	0.71	1.75
LW5	flag	all	3.07	14.26	3.15	30.64	3.19	8.14	3.00	13.67
LW6	lower	all	0.92	3.95	0.96	7.56	0.90	2.18	0.94	5.22
LW7	2	all	2.77	5.24	2.82	16.46	2.88	4.99	2.87	13.97
LW8	3	all	2.68	9.74	2.85	7.64	2.66	6.66	2.50	7.17
LW9	1,2	all	1.45	7.10	1.48	22.79	1.51	3.70	1.46	10.87
LW10	2,3	all	1.36	6.30	1.41	10.32	1.38	4.79	1.33	8.05
LW11	1,2,3	all	0.94	4.35	0.97	15.90	0.96	3.67	0.92	7.44
LW12	2,3,4	all	0.93	4.54	0.99	4.40	0.93	3.78	0.96	5.41
LI	1	0	1.04	7.07	1.16	7.57	1.04	8.63	1.05	11.22
	1	1	1.01	7.32	1.11	7.61	1.07	7.30	1.03	8.85
	1	2	0.94	8.31	1.02	10.35	0.97	11.04	0.96	7.84
	2	0	0.97	8.48	1.03	9.52	0.94	7.84	0.92	4.68
	2	1	0.92	9.13	0.98	12.06	0.96	6.86	0.91	8.03
	2	2	0.86	12.03	0.88	12.88	0.85	10.51	0.83	6.37
	3	0	0.94	6.89	1.00	10.65	0.92	6.18	0.90	10.21
	3	1	0.90	8.17	0.95	11.89	0.92	6.05	0.92	7.17
	3	2	0.85	9.39	0.88	9.96	0.85	5.84	0.86	7.33
	4	0	0.90	6.55	0.98	9.06	0.89	7.37	0.85	11.19
	4	1	0.88	7.78	0.94	11.15	0.91	7.60	0.88	8.91
	4	2	0.86	16.21	0.88	10.10	0.82	8.55	0.85	6.90
	5	0	0.85	-	-	-	0.90	8.04	0.77	-
	5	1	0.84	5.33	0.95	6.29	0.84	4.72	0.87	7.22
	5	2	-	-	0.83	14.63	0.80	-	-	-
L2	1	all	1.00	3.36	1.10	4.49	1.06	3.55	1.01	6.65
	2	all	0.91	8.52	0.97	10.82	0.95	4.77	0.90	4.60
	3	all	0.90	6.39	0.94	9.78	0.91	3.46	0.90	5.79
	4	all	0.88	4.87	0.93	7.25	0.90	3.86	0.87	5.92
	5	all	0.84	2.20	0.96	4.77	0.87	7.43	0.87	7.06
L3	flag(1)	all	1.00	3.36	1.10	4.49	1.06	3.55	1.01	6.65
	lower	all	0.90	5.90	0.94	8.37	0.92	2.87	0.89	4.37
L4	all	all	0.92	4.88	0.98	6.57	0.94	2.71	0.91	4.72
L5	flag	all	4.25	18.20	4.77	36.13	4.86	9.71	4.27	13.89
L6	lower	all	1.18	3.48	1.26	4.38	1.17	3.49	1.17	7.32
L7	2	all	3.59	6.70	3.83	24.87	3.84	4.57	3.58	13.48
L8	3	all	3.44	8.88	3.79	13.59	3.47	9.74	3.14	11.05
L9	1,2	all	1.94	11.53	2.12	29.80	2.14	4.88	1.94	11.20
L10	2,3	all	1.75	5.79	1.89	18.41	1.82	6.80	1.67	10.60
L11	1,2,3	all	1.23	7.54	1.35	23.19	1.32	5.30	1.19	9.29
L12	2,3,4	all	1.20	3.41	1.32	7.54	1.22	5.57	1.19	8.63

[z] Model defined as Table 1; [y] Leaf position counted from flag leaf downwards; [x] Tiller level =0 denotes the main culm.

第5葉以外，按此可能是因爲第5葉的葉數甚少，故無論葉長葉寬模式或葉長模式其變異均較大）。僅利用葉長來估計全株葉面積，其葉面積係數的CV值均較同時利用葉長和葉寬所得者爲高，即K估計值較不穩定，此在其他葉長模式（L2~L5, L7~L12）亦有一致發現。在不考慮分蘗變異而僅估算各節位葉片的模式L2中，台粳8號、台粳9號、台粳10號及台農67號不同節位的葉片K值，分別在0.84~1.00、0.93~1.10、0.87~1.06及0.87~1.01之間，而且劍葉（第1葉）之K值明顯大於其他下位葉之K值。模式L3區分劍葉與下位葉並分別以葉長估計其全株葉面積，台粳8號之劍葉及下位葉的K估值分別爲1.00及0.90，台粳9號各爲1.10及0.94、台粳10號各爲1.06及0.92，台農67號各爲1.01及0.89。若以全株所有葉片都建立一個共同的葉面積係數，並僅利用葉長來推估葉面積，則在模式L4下台粳8號、台粳9號、台粳10號及台農67號的葉面積係數K估值，分別爲0.92、0.98、0.94及0.91。僅利用下位葉之葉長來推估全株葉面積的模式L6，四個品種之K值相近，在1.17~1.26之間。模式L5、L7、L8（僅需測量單一葉片的葉長）和模式L9、L10（同時測量兩片葉的葉長）雖然最爲省工，但其K係數之CV值卻甚高。除台粳10號以外，利用含劍葉之前三片葉的葉長模式（模式L11），較利用不含劍葉之前三片下位葉的葉長模式（模式L12）所得之K估值有較大的變異。

二、模式預測能力的驗證

台粳8號、台粳9號、台粳10號及台農67號之各種水稻葉面積預測模式利用第二年試驗資料所測驗之預測準確度，列如表3。所有品種僅以葉長來估算全株葉面積的預測準確度，明顯低於同時利用葉長和最大葉寬推估全株葉面積之預測準確度，其模式L1～L12的平均誤差、平均誤差率及預測誤差均方皆高於其相對應的模式LW1～LW12所得者。

在同時以葉長與最大葉寬所建立之估算模式（模式LW1～LW12）中，四個水稻品種的表現結果一致，隨著模式之簡化程度，其預測準確度亦隨之降低。四個品種皆以模式LW5僅以第1葉（劍葉）推估全株葉面積的省工模式的預測能力最差，而相較於其他模式，模式LW7、LW8之單葉模式的預測能力也不好。兩葉模式中，顯然利用劍葉和第一片下位葉之模式LW9，較利用第一、二片下位葉之模式LW10的預測能力爲差（除台粳8號之差異不明顯以外）。三葉模式中，除了台粳8號和台粳10號以外，利用含劍葉之前三片葉之模式LW11，明顯地較利用不含劍葉之前三片下位葉之模式LW12的預測能力爲差。由於模式LW6僅測量所有下位葉，故其預測能力介於測量所有葉片之模式與其他部份葉片之省工模式之間。四個品種皆以模式LW1~LW4所預測的葉面積皆頗接近於實際測量的葉面積，其平均估算一株的預測誤差均小於100cm^2，平均誤差率皆在5%以下，此與統計上一般以5%爲顯著水準之第一型錯誤率(type I error)相吻合，顯示模式LW4雖簡化到全株僅含有一個K係數，但仍無損於其預測能力，其誤差率與最精確但複雜的模式LW1相近，均在可接受的程度之內。

若僅利用葉長來推估水稻的全株葉面積，雖有利於估算未完全展開葉片的葉面積，並方便田間實際操作以節省時間及人力，但模式的預測準確度卻不免降低，其平均誤差、平均誤差率及預測誤差均方皆較葉長與葉寬模式爲高。其中以模式L1~L4, L6, L8及L12所預測的平均誤差率可在10%以內，若進而比較平均誤差及預測誤差均方，由於模式L8的平均誤差及預測誤差均方均甚高，因此在省工的葉長模式中僅有模式L1~L4, L6及L12之預測能力爲尚可接受程度之內（以預測誤差率不低於10%而言）。而四個品種皆以模式L4之誤差率與最精確但複雜的模式LW1相近。

三、模式應用性的評估

雖然水稻劍葉和下位葉的葉相往往有很大的差異，如表4所示，四個品種的下位葉顯然均較劍葉的葉形狹長且葉面積較大，因此區分劍葉和下位葉的模式LW3，當較模式LW1之區分所有節位和分蘗之葉片，以及模式LW2之區分所有節位葉片，不但模式更簡化，較經濟省工，同時所獲得的預測能力也相差無幾（表3）。但模式LW3中所含有的估算介量仍有兩個，此與模式LW4之僅有一個估算介量相比較，則未必實用。由於全株葉面積最適模式的選擇，不但須要求準確性高，也希望估算式中所含

表3. 台稉8號，台稉9號，台稉10號及台農67號水稻品種之葉面積估算模式之預測準確度的比較

Table 3. Comparison of accuracy of prediction models in estimating total plant leaf area of the rice cultivars Taikeng 8, Taikeng 9, Taikeng 10 and Tainung 67

Cultivar / TLAm[y] (cm^2)	Model[z]	TLAe[y] (cm^2)	MD[x] (cm^2)	MSEP[x]	MPD[x] (%)	Model	TLAe (cm^2)	MD (cm^2)	MSEP	MPD (%)
Taikeng 8	***LW1***	1861.1	35.3	2280	1.86	***L1***	1930.6	70.1	7856	3.97
1883.6	***LW2***	1858.8	36.2	2367	1.91	***L2***	1941.5	73.7	8940	4.18
	LW3	1864.5	33.8	2129	1.78	***L3***	1947.4	77.3	9633	4.37
	LW4	1869.1	32.5	1985	1.75	***L4***	1935.4	69.9	8140	3.90
	LW5	2224.7	341.6	174122	20.47	***L5***	2296.3	412.7	234315	24.80
	LW6	1755.2	128.4	23494	7.58	***L6***	1844.9	77.2	10263	4.58
	LW7	1763.1	150.5	35879	8.72	***L7***	1902.7	100.9	22901	6.72
	LW8	1765.8	162.9	37100	9.73	***L8***	1844.6	143.6	32108	8.80
	LW9	1973.7	106.0	25984	7.01	***L9***	2076.4	195.0	62011	12.35
	LW10	1761.7	135.4	24211	7.42	***L10***	1865.9	88.7	13334	5.03
	LW11	1898.8	66.3	7550	4.05	***L11***	1976.0	107.8	21993	6.75
	LW12	1739.2	144.4	28671	8.37	***L12***	1837.7	85.5	12220	4.95
Taikeng 9	***LW1***	2319.2	98.1	19287	4.22	***L1***	2333.9	110.0	15907	4.91
2267.8	***LW2***	2311.9	96.8	18155	4.18	***L2***	2365.2	136.2	22260	6.09
	LW3	2307.9	96.4	17630	4.17	***L3***	2348.2	123.6	19082	5.52
	LW4	2313.3	97.6	18486	4.21	***L4***	2348.5	119.1	17423	5.30
	LW5	2811.3	562.7	381808	25.34	***L5***	2847.5	645.0	513134	29.35
	LW6	2227.6	160.4	32764	7.12	***L6***	2267.4	68.3	6425	3.05
	LW7	2526.2	292.7	126706	12.98	***L7***	2665.2	419.7	221096	18.98
	LW8	2326.9	156.0	33671	6.95	***L8***	2408.6	197.0	58381	8.66
	LW9	2646.7	383.0	183251	17.24	***L9***	2740.8	509.0	309367	23.14
	LW10	2414.3	168.1	46588	7.42	***L10***	2516.4	273.8	98224	12.32
	LW11	2526.6	262.2	90061	11.68	***L11***	2603.3	368.1	167456	16.67
	LW12	2259.8	122.1	20785	5.44	***L12***	2338.1	108.0	15506	4.76
Taikeng 10	***LW1***	1909.4	52.3	4546	2.47	***L1***	1892.9	97.9	18520	4.58
1954.0	***LW2***	1909.8	51.1	4363	2.42	***L2***	1915.1	93.0	15169	4.47
	LW3	1904.5	53.7	4890	2.54	***L3***	1920.7	91.5	14516	4.07
	LW4	1904.5	53.7	4890	2.54	***L4***	1905.3	94.2	15590	4.50
	LW5	1889.9	141.3	36947	6.74	***L5***	1941.8	165.1	44447	8.15
	LW6	1915.5	54.7	4256	2.76	***L6***	1904.0	85.9	13156	4.11
	LW7	1880.4	99.1	17831	4.95	***L7***	1895.9	118.4	24359	5.79
	LW8	1875.5	112.4	22416	5.55	***L8***	1860.4	144.6	36736	7.11
	LW9	1880.5	105.9	21046	5.06	***L9***	1911.6	131.9	29930	6.44
	LW10	1874.0	97.4	15947	4.83	***L10***	1874.4	129.5	28715	6.32
	LW11	1872.4	104.7	19175	5.02	***L11***	1886.8	132.4	30945	6.44
	LW12	1863.0	101.5	15329	5.02	***L12***	1860.4	118.0	25050	5.69
Tainung 67	***LW1***	2101.9	48.9	3225	2.38	***L1***	1982.0	121.3	22290	5.51
2099.5	***LW2***	2099.9	48.8	3179	2.38	***L2***	1987.1	117.5	20866	5.37
	LW3	2083.4	51.8	3420	2.52	***L3***	1983.0	121.3	21867	5.55
	LW4	2083.4	51.8	3420	2.52	***L4***	1962.2	139.3	27535	6.41
	LW5	2404.8	328.3	151431	15.71	***L5***	2273.7	204.7	70649	10.04
	LW6	2004.8	100.1	17138	4.65	***L6***	1899.9	201.1	54878	9.32
	LW7	2277.2	281.8	112792	13.91	***L7***	2159.8	206.1	57899	10.18
	LW8	2045.8	413.0	32761	6.66	***L8***	1933.4	201.8	66890	9.31
	LW9	2328.7	287.3	111821	13.99	***L9***	2203.4	184.7	50759	9.16
	LW10	2143.6	146.9	33378	7.19	***L10***	2035.8	153.9	35393	7.21
	LW11	2220.3	178.6	46179	8.79	***L11***	2084.3	148.6	28462	7.07
	LW12	2028.8	81.4	11703	3.77	***L12***	1912.8	188.8	48217	8.74

[z] Model defined as Table 1.

[y] TLAm= measured total leaf area per plant; TLAe= estimated total leaf area per plant from predictive model.

[x] MD= mean deviation; MSEP= mean squared error of prediction.; MPD= mean percentage of deviation.

表4. 台稉8號，台稉9號，台稉10號及台農67號水稻品種之葉長(L)、最大葉寬(W)、長寬比(L/W)及單葉面積(LA)[z]

Table 4. Length (L), maximum width (W), ratio of L/W, area (LA) of individual leaf for the rice cultivars Taikeng 8, Taikeng 9, Taikeng 10 and Tainung 67[z]

Leaf trait	Leaf position	Taikeng 8		Taikeng 9		Taikeng 10		Tainung 67	
		Mean	SE[y]	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE
L (cm)	flag (1)	36.49	0.26	33.94	0.24	31.85	0.22	32.32	0.25
	lower	40.45	0.11	40.11	0.10	42.50	0.13	39.06	0.11
	2	38.39	0.18	40.11	0.20	39.62	0.26	36.96	0.21
	3	40.84	0.15	39.44	0.15	44.26	0.17	40.38	0.13
	4	42.52	0.19	40.98	0.18	44.38	0.21	40.61	0.18
	all	39.18	0.11	38.42	0.11	39.87	0.15	37.19	0.12
W (cm)	flag (1)	1.34	0.01	1.48	0.01	1.48	0.01	1.47	0.01
	lower	1.23	0.01	1.29	0.01	1.30	0.01	1.29	0.01
	2	1.22	0.01	1.29	0.01	1.32	0.01	1.29	0.01
	3	1.24	0.01	1.29	0.01	1.31	0.01	1.31	0.01
	4	1.24	0.01	1.30	0.01	1.29	0.01	1.27	0.01
	all	1.26	0.01	1.34	0.01	1.35	0.01	1.34	0.01
L/W	flag (1)	27.32	0.19	23.16	0.17	21.56	0.14	22.04	0.15
	lower	32.93	0.09	31.27	0.09	32.83	0.10	30.49	0.09
	2	31.59	0.17	31.39	0.17	30.19	0.19	28.81	0.16
	3	33.08	0.12	30.88	0.13	34.03	0.15	31.15	0.13
	4	34.32	0.14	31.67	0.14	34.51	0.15	32.18	0.17
	all	31.44	0.10	29.05	0.10	30.04	0.13	28.15	0.11
LA (cm^2)	flag (1)	36.55	0.35	37.14	0.34	34.36	0.35	34.82	0.37
	lower	35.17	0.14	36.51	0.16	39.47	0.18	36.01	0.15
	2	33.51	0.23	37.18	0.27	37.86	0.35	34.14	0.26
	3	35.68	0.23	35.51	0.24	41.03	0.27	37.68	0.21
	4	36.72	0.27	36.87	0.31	40.67	0.33	36.76	0.28
	all	35.54	0.14	36.68	0.15	38.21	0.17	35.68	0.15

[z] Combined across two years.

[y] SE: standard error of mean.

有的估算介量能最少，因此在以葉長與最大葉寬之乘積直接乘上一個係數（模式LW4），所含的模式介量最少，僅有一個，且平均誤差率在5％以內（表3），應是最具有實用之價值。若在田間期能以最快速經濟的方法估得葉面積，或擬有效估算未完全展開葉片的葉面積（此無法準確測量到最大葉寬），則估算式中僅能含有葉長變數，因此以葉長直接乘上一個係數（模式L4），當可收效，但多少會犧牲一些準確度，尤以台稉9號及台農67號最爲明顯，但平均誤差率仍在6.5％以內（表3）。

所建立之模式若針對植株的所有葉片都進行測量，固然可信度極高，卻相當耗時費力，在不嚴重影響準確度下，例如僅測量某節位的葉片來估算全株葉面積，當更有利於田間非破壞性取樣調查工作。水稻在抽穗後很容易從外觀將所有葉片區分爲劍葉和下位葉，劍葉寬短而下位葉狹長（表4），因此利用劍葉或下位葉之葉面積來推估植株上所有葉片的面積，或許可行。但由上述驗證各模式之預測

能力的分析結果（表3），發現僅利用劍葉來推估全株葉面積的估算式（模式LW5或L5），不如僅利用下位葉（模式LW6或L6）的效果爲好，這是因爲劍葉只有一葉，如表5所示各品種之劍葉對全株葉面積的貢獻約僅22~29％，因此以極少數相異葉相的葉片來預測全株葉面積，自然較不準確。反之，下位葉佔全株葉面積均高達71％以上（表5），且其葉長和葉寬與平均所有葉片的葉長和葉寬也比較相近（表4），故其用以預測全株葉面積的效果較好。

表5. 台粳8號，台粳9號，台粳10號及台農67號水稻品種各節位葉片之葉面積佔全株葉面積之比例 (%)[z]

Table 5. Relative ratio (%) of individual leaf area to the total plant leaf area for the rice cultivars Taikeng 8, Taikeng 9, Taikeng 10 and Tainung 67[z]

Leaf position	Relative ratio (%) of leaf area to the total plant leaf area			
	Taikeng 8	Taikeng 9	Taikeng 10	Tainung 67
flag (1)	28.12	28.31	22.33	26.93
2	24.83	27.72	24.22	26.36
3	24.61	24.92	25.86	27.73
4	21.15	17.67	23.78	18.13
5	3.21	3.46	4.39	3.20
1+2	52.96	56.03	46.56	53.29
2+3	49.45	52.64	50.08	54.09
1+2+3	77.57	80.95	72.41	81.02
2+3+4	70.59	70.31	73.86	72.22
lower (2+3+4+5)	71.88	71.69	77.67	73.07

[z] Combined across two years.

但下位葉的數目在抽穗期間大致維持4～5葉，若能進而只利用其中部份葉片，如以第2葉（第一片下位葉）或第3葉（第二片下位葉）來預測全株葉面積，當可更爲快速簡便；由表3之預測能力驗證結果得知，利用第2葉（模式LW7或L7）及第3葉（模式LW8或L8）的效果固然較利用劍葉（模式LW5或L5）稍有改善，但預測能力仍然很差。雖然第1～2葉和第2～3葉之兩片葉均佔全株葉面積的比例約50％左右（表5），但台粳9號及台農67號的模式LW9（或L9）之預測準確度卻遠低於模式LW10（或L10）（表3），這是因爲該兩品種之模式LW9及L9所估得的K係數估計值相當不穩定所致（表2）。同樣的現象，也發生在台粳9號之利用前三片葉的葉長及葉寬模式，其模式LW11（或L11）較LW12（或L12）之預測能力爲差（表3）。顯然，同樣是利用兩片葉或三片葉來推估全株葉面積，其中含或不含劍葉的預測效果就某些品種而言卻有不同；按試驗觀察所得，即發現這些品種的劍葉在不同分蘖之間有較大的葉形變異，雖然其葉寬相近但葉長變異甚大，此造成劍葉K係數估值有較大的變異，並進而影響了利用劍葉推估全株葉面積的預測準確度。因此，利用部份葉片來預測水稻全株葉面積時，含劍葉的預測效果有時候會比不含劍葉者爲差。

同樣是利用同一節位的葉片，但同時測量葉長葉寬與僅測量葉長的預測效果也不一致，究其原因，主要在於各節位之葉相有異（如表4之所示，以劍葉最寬短，第2葉其次，而第3、4葉最狹長）。由於葉相上的差異，利用單葉來估計全株葉面積時，宜同時測量葉長與葉寬，始能改進單葉模式的預測能力。

但僅由單葉來估算全株葉面積，所得K係數之CV值通常較高（表2），表示K估計值並不穩定，

表6. 台稉8號，台稉9號，台稉10號及台農67號水稻品種以平均K值建立模式LW4, LW6, LW10, LW12, L4, L6, L12之葉面積預測準確度的比較

Table 6. Comparison of accuracy of predicting total leaf area for the rice cultivars Taikeng 8, Taikeng 9, Taikeng 10 and Tainung 67 from the models LW4, LW6, LW10, LW12, L4, L6, L12 using the mean K coefficient

Model[z]	mean K[y]		Taikeng 8	Taikeng 9	Taikeng 10	Tainung 67
		TLAm[x](cm^2)	1883.6	2267.8	1954.0	2099.5
LW4	0.71 ± 0.01	TLAe[x](cm^2)	1869.1	2281.1	1931.7	2083.4
		MD[w](cm^2)	32.5	100.8	42.3	51.8
		MSEP[w]	1985	15795	2672	3420
		MPD[w](%)	1.75	4.42	2.06	2.52
LW6	0.93 ± 0.03	TLAe (cm^2)	1774.3	2158.0	1979.3	1983.5
		MD(cm^2)	111.1	172.4	45.9	119.2
		MSEP	19306	39905	3542	21670
		MPD (%)	6.66	7.80	2.38	5.54
LW10	1.37 ± 0.04	TLAe (cm^2)	1774.7	2345.8	1860.5	2208.1
		MD(cm^2)	126.5	128.4	105.7	168.1
		MSEP	21315	29407	18403	44753
		MPD (%)	6.94	5.76	5.23	8.30
LW12	0.95 ± 0.03	TLAe (cm^2)	1776.6	2168.5	1903.1	2007.7
		MD(cm^2)	115.2	141.7	80.1	95.8
		MSEP	19907	27793	9442	15201
		MPD (%)	6.78	6.48	4.01	4.43
L4	0.94 ± 0.03	TLAe (cm^2)	1977.5	2252.7	1905.3	2026.9
		MD(cm^2)	99.6	73.4	94.2	91.1
		MSEP	14310	10740	15590	13499
		MPD (%)	5.53	3.23	4.50	4.14
L6	1.20 ± 0.04	TLAe (cm^2)	1876.1	2159.4	1952.8	1948.6
		MD(cm^2)	72.8	110.5	78.5	159.2
		MSEP	9284	17087	10126	37526
		MPD (%)	4.33	5.00	3.93	7.34
L12	1.23 ± 0.06	TLAe (cm^2)	1883.7	2178.7	1875.7	1977.1
		MD(cm^2)	84.3	98.9	111.7	134.4
		MSEP	10791	17411	22178	27890
		MPD (%)	4.89	4.36	5.41	6.16

[z] Model defined as Table 1.

[y] mean ± standard deviation of the K coefficients, that obtained from the 4 cultivars.

[x] TLAm= measured total leaf area per plant; TLAe= estimated total leaf area per plant from predictive model.

[w] MD= mean deviation; MSEP= mean squared error of prediction; MPD= mean percentage of deviation.

此多少會影響預測模式的準確度。因此，在兼顧預測準確度及操作簡便性下，利用兩、三個葉片的簡化模式，較具有實用價值，如模式LW10之利用前兩片下位葉及模式LW12之利用前三片下位葉。利用所有下位葉之模式LW6的預測準確度與LW12相近（表3），卻必須多測量第5片葉，由於水稻在抽穗後植株各分蘗第5葉的數目其實很少，有些品種甚至最多只維持4片葉，因此就實際應用立場而言，模式LW12較LW6更符合省工之要求。不過由於模式L10及L12僅測量葉長，無法將葉相的差異性納入模式中，故預測效果不理想，但若是降低預測準確度之要求，則四個品種的葉長模式L12之預測能力

可在平均誤差率10％以內（表3）。

四、品種效應對模式的影響

由於二十四種模式中以模式LW4、LW6、LW10、LW12、L4、L6及L12之預測能力較好且具有應用價值，故進而探討品種效應對該七種模式的影響。該七種模式之葉面積係數K的估計值在不同品種之間雖有差距但變異不大（表2），故平均所有品種之K值，並利用此共同K值估算各品種的全株葉面積。七種模式平均四個品種所得之K值及其預測能力，列於表6。由表6可知，以模式LW4之K值在品種間的變異最小，標準機差僅±0.01，故以模式LW4之共同K值（0.71）所預測全株葉面積的效果最好，平均誤差率可在5%以下，而其他模式若以平均品種之共同K值來估算全株葉面積，則有些品種的預測效果會明顯變差，但平均誤差率都在10％以下。

除了考慮預測準確度外，最適模式的選擇還應該兼顧其實用性。在滿足試驗探討之目的下，愈容易操作愈是理想。若擬評估的基因型數甚多（例如育種施行程序中的試驗），對於本試驗之四個水稻品種而言，可以利用所有葉片的葉長和最大葉寬直接乘以一個0.71的平均K值來共同估計其全株葉面積，此係數與基因型種類無關。若參試基因型有限但取樣植株很多時（例如評估環境因素對生長之影響），使用更省工省時的模式是有必要的，像是僅利用部份葉片來推估全株葉面積之模式，但必須注意的是，僅測量部份葉片之葉長的模式並無法將葉相的差異性納入模式中而導致預測能力變差，因此必須同時測量葉長及最大葉寬。從操作簡易的觀點來看，估算葉面積時所需測量的葉數愈少愈好，但模式中包含有較多不同節位的葉片可縮小K估計值的變異性，而使模式的預測效果更值得信賴。因此若欲在部份葉片之葉長葉寬模式之間作一選擇，宜優先考慮模式LW6或LW12，其次爲模式LW10。至於僅測量葉長的模式中，可以優先考慮模式L4，其次才是模式L6或L12；在田間實際操作時，葉長的測量會比最大葉寬簡單且準確得多，同時有利於估算未完全展開葉片的葉面積。但是使用這些可以省工省時之簡便模式時，預測準確度之犧牲在所難免。由於一般而言水稻各節位葉片長度間的相對關係有明顯的品種間及期作間差異[4]，本試驗四個水稻品種在二期作之不同環境條件下，是否與本試驗一期作下各估算模式所獲結論一致，限於篇幅，將留待下一篇報告討論。

誌　謝

本研究承蒙本所農藝系生理研究室提供水稻試驗材料，特此誌謝。

引用文獻

1. 柯建全、張山蔚、黃膺任。1999。利用影像處理鑑定害蟲之危害度：毛豆葉片。嘉義技術學院學報 63:123-133。
2. 陳烈夫、呂椿棠、呂秀英、賴吉雄。1993。水田檳榔心芋葉面積之簡易估算法。中華農業研究 42:162-172。
3. 郭益全、李長沛。1994。水稻劍葉長與寬之遺傳(英文)。中華農業研究 43:123-134。
4. 張富洲、劉大江。1991。水稻分蘖之生理研究（四）不同節位葉片形態性狀與稻穀產量間之相關。中華農藝 1:21-34。
5. 蕭柊瓊、劉清。1986。玉米單葉面積與全株葉面積之簡易估算法。中華農業研究 35:276-282。
6. Acharya, D., P. Chattopadhyay, and S. Dana. 1984. Correlations and inheritance of primary leaf size in mungbean. Indian J. Genet. 44:121-126.
7. Beerling, D. J., and J. C. Fry. 1990. A comparison of the accuracy, variability and speed of five different methods for estimating leaf area. Ann. Botany. 65:483-488.
8. Blaise, M. O., and P. Girardin. 1992. Use of mean square error of prediction for crop model evaluation: the case of leaf area estimation. Eur. J. Agron. 1:147-153.
9. Daughtry, C. S. T., and S. E. Hollinger. 1984. Costs of measuring leaf area index of corn. Agron. J. 76:836-841.
10. 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.

11. Kato, M., K. Inthavogsa, and K. Imai. 1989. An estimation of leaf area in edible canna (*Canna edulis* Ker.). Japan. J. Crop Sci. 58:753-754.
12. Krishnamurthy, K., M. K. Jagannath, B. G. Rajashekrara, and G. Raghunatha. 1974. Estimation of leaf area in grain sorghum from single leaf measurements. Agron. J. 66:544-545.
13. Ma, L., F. P. Gardner, and A. Selamat. 1992. Estimatiion of leaf area from leaf and total mass measurements in peanut. Crop Sci. 32:467-471.
14. Milford, G. F. J., and J. Riley. 1980. The effects of temperature on leaf growth of sugar beet varieties. Ann. Appl. Biol. 94:431-443.
15. Montgomery, E. G. 1911. Correlation studies in corn. Nebr. Agric. Exp. Stn. Ann. Rep., 24:108-159.
16. Mungse, H. B., P. N. Harer, A. C. Gaikward, and G. Harinarayana. 1983. Estimation of leaf area in foxtail millet. J. Maharashtva Agric. Univ. 8:293-294.
17. Palaniswamy, K. M., and K. A. Gomez. 1974. Length-width method for estimating leaf area of rice. Agron. J. 66:430-433.
18. 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.
19. Pearce, R. B., J. J. Mock, and T. B. Bailey. 1975. Rapid method for estimating leaf area per plant in maize. Crop Sci. 15:691-694.
20. Persaud, N., M. Gandah, M. Ouattara, and N. Mokete. 1993. Estimating leaf area of pearl millet from linear measurements. Agron. J. 85:10-12.
21. SAS User's Guide: Statistics. 1988. Mc:SAS Institute Inc.
22. Schneiter, A. A. 1978. Non-destructive leaf area estimation in sunflower. Agron. J. 70:141-142.
23. SigmaScan & SigmaScan Pro User's Manual. 1995. Jandel Scientific Cor.
24. Singh, S. N., O. P. Jain, S. Singh, and H. Daynand. 1984. Studies on estimation of leaf area in maize. Indian J. Agron. 402-405.
25. Stickler, F. C., S. Wearden, and A. W. Pauli. 1961. Leaf area determination in grain sorghum. Agron. J. 53:187-188.
26. Van Arkel H. 1978. Leaf area determinations in sorghum and maize by the length width method. Neth. J. Agric. Sci. 26:170-180.
27. Wiersma, J. V, and T. B. Bailey. 1975. Estimating of leaflet, trifoliolate, and total leaf areas of soybeans. Agron. J. 67:26-30.

A Comparison of the Accuracy and Applicability of Different Models for Non-destructive Leaf Area Estimation in Rice[1]

Lit-Fu Chan[2] , Hsiu-Ying Lu[3], Meng-Li Wei[3], and Chun-Tang Lu[3]

Summary

Plant leaf area is a useful observation in physiological and agronomic research. The development of a model for leaf area estimation requires a non-destructive method which is reliable and rapid. The objective of this study was to test twenty-four models for leaf area prediction in rice. Relationships between leaf area and a leaf area coefficient are used, but the coefficients K do not have the same dimension in all models. Some models require the measurement of both the length and the maximum width, others only use the length. Some models require the measurement of all plant leaves, others only measure a few number of leaves. Four rice cultivars, Taikeng 8, Taikeng 9, Taikeng 10 and Tainung 67 were used for model development. Experimental results indicated that different coefficients need not to be calculated depending on leaf position and tiller position. This model predicts the leaf area of an individual plant most accurately, but requires extra time and effort. It seemed that the leaf morphology differ from flag and lower leaves in rice plants, but it is not necessary to use the different K values to predict the total leaf area of an individual plant. The choice of a model depends mainly on the objectives of the investigation. If a large number of genotypes had to be evaluated (e.g. in a breeding programme), an overall average K value of 0.71 from the model with length and width measurements can be used for total leaf area prediction irrespective of the genotype considered. If a limited number of genotypes are studied but a large number of plants are sampled (e.g. to evaluate the influence of environmental factors upon growth), the models consuming less time and effort can be used. These models use the length and width of a few number of leaves (e.g. all the lower leaves, the 2^{nd}~4^{th} leaves or the 2^{nd}~3^{rd} leaves) only, or even require the measurement of length only for all the leaves, all the lower leaves or the first three lower leaves. The more rapid methods provided low accurate estimate of leaf area. The measurement of length is easier under field conditions than width and can be easily extended to the area estimation for non-expanded leaves.

Key words : Rice, Leaf area, Non-destructive measurement, Accuracy of Prediction, Model.

---

1. Contribution No.2031 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2. Research Assistant, Office of Farm Management, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

3. Respectively, Senior Statistician, Assistant Agronomist, and Assistant Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(3): 14～22 (2000)

穀物收穫量測定器的推估值應用於水稻產量比較試驗之可行性探討[1]

羅正宗　陳一心[2]

摘要：本試驗於1998年二期作及1999年一期作，於本分所溪口試驗農場，以水稻高級世代產量比較試驗的參試品系爲材料，共調查134個小區樣品，每小區97株。每小區稻穀以手割方式收穫及脫粒後，先調查穀物收穫量測定器之測定值(Y)。而後這些稻穀經乾燥及風選後調查其重量、含水率及碾糙率，以計算各小區之稻穀產量(g/97株) (X_3)及單位面積糙米產量(kg/10公畝) (X_6)。將此134組數據之3/5劃分作爲模式開發數據，用來估算模式之參數；另2/5數據則作爲模式驗證之用。由模式開發數據所估算的參數估值經反複估算，結果顯示參數估值之穩定性甚高。繼而以模式驗證數據測試其估計能力，結果顯示開發出令人滿意之小區產量及單位面積糙米產量的估測模式：

$$\hat{X}_3 = (Y + 54.5) / 0.1973 \text{（小區產量）}$$
$$\hat{X}_6 = (Y + 52.3) / 1.0586 \text{（糙米產量）}$$

試驗結果顯示利用穀物收穫量測定器可作爲水稻雜交後代產量比較時之應用，以減輕育種工作之負擔，增加水稻育種工作之效率。

關鍵詞：水稻、穀物收穫量測定器、產量、糙米產量。

前　言

水稻新品系選育過程中，花費心血人力及時間相當可觀，尤其是產量比較試驗，需花費甚多人力及時間，因爲產量比較試驗各品系由田間收刈取回，需經乾燥、風選、稱重等步驟方可測定其小區產量，若成熟時期遇上雨季（一期作尤甚），則產量評估工作更爲困難，常常因此而增加工作之不便與負擔，而且近年來對米質之要求提高，就新品系整體評估工作而言，米質性狀之分析亦佔重要項目，相對增加新品系選育工作量。因此，若能應用一更快速、簡便及正確的方法來評估，則對水稻新品系選育工作量降低及效率提升當有莫大幫助。日本曾爲因應稻穀產量評估工作之需要而研發穀物收穫量測定器(cropton)，其應用原理乃以容積重來表達穀粒充實狀況，配合小區溼穀重、取樣株數及行株距等之數據以估算產量。吳等[1]曾利用這組cropton分別進行台灣地區稻作生產區之稻穀產量的估測，及水稻產量比較試驗之小區產量的推估，其認爲因田區及取樣方式之差異，造成此機器似無法直接應用於台灣稻作生產之稻穀產量的估測，但就小區產量之推估上則相關性甚高。依此，cropton若能準確應用於水稻雜交後代小區產量的推估，則可減免產量調查過程之稻穀乾燥、風選、稱重及含水率的測定等

1.行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2032號。

2.本所嘉義農業試驗分所助理、研究員兼系主任。台灣省　嘉義市。

工作，節省相當多的人力及時間。因此，本試驗即利用穀物收穫量測定器作爲工具，探討其應用於水稻雜交後代產量比較試驗之小區產量推估的可行性。

材料與方法

一、試驗材料調查

本試驗自1998年第二期作起連續調查兩期作，以本分所溪口試驗農場之水稻高級世代產量比較試驗的參試品系爲調查樣品，總計調查134個不同雜交後代品系之小區樣品，每小區面積爲4.5平方公尺，行株距爲30×15公分。因爲此材料爲高級世代品系，依其產量調查程序，需事先取三株調查產量構成因素，其餘97株方供作產量調查之用。以手工收割脫粒，利用濕穀即可得到cropton之測定值，測定過程爲先將濕穀稱重，再稱取250克的濕穀置入該測定器專用之容積測定筒，待cropton完成容積重之測定後，其即要求輸入小區濕穀重、取樣株數及行株距等數據，經其內建公式以計算出糙米產量(kg/10a)之估測值。由於此測定器之產量以每10公畝之糙米量表示，因此在我們的試驗過程中亦以此單位進行分析。而後再將稻穀經乾燥、風選及稱重等程序後，測計每一樣品風選後之重量與含水率，而據此換算含水率爲13.5%之小區稻穀產量(97株)，每一樣品並取125g稻穀碾製成糙米，以測定其碾糙率，每一樣品測得數據如下：

Y：穀物收穫量測定器之測定值

X_1：乾燥、風選後之稻穀含水率(%)

X_2：乾燥、風選後之小區稻穀的重量(g)

X_3：調整爲13.5%含水率的稻穀淨重(g)

$X_3 = X_2 \times (100 - X_1) / 86.5$

X_4：125g稻穀碾製成糙米之重量(g)

X_5：碾糙率

$X_5 = X_4 / 125$

X_6：單位面積糙米產量(kg/10acre)

$X_6 = [(X_3) \times (X_5) / (97 \times 1000)] \times [1000 / (0.3 \times 0.15)]$

二、調查數據劃分

本試驗即以cropton針對水稻雜種後代高級產量比較試驗之小區產量進行估測工作，以探討小區產量快速測定之可行性，並釐定cropton之測定值分別與小區產量 (g/97 plants) 及單位面積糙米產量(kg/10a)之關係式。

爲使利用cropton所建立之稻穀小區產量及單位面積糙米產量的估測回歸模式能更趨完善，將全部134組數據劃分爲下列兩部分：

(一)模式建立數據(estimation data)：含原來全部數據之3/5，共80組，用來估算模式中之參數(parameter)。

(二)模式驗證數據(validation data)：含原來數據之2/5，共54組，用來測驗所開發之模式的估計能力。

這些數據中的cropton估測值(Y)與小區稻穀產量(X_3)及單位面積糙米產量(X_6)之基本統計性質列如表1。

三、模式之建立與驗證

在進行回歸模式開發之前，就試驗目的及調查項目而言，針對稻穀小區產量(X_3)及單位面積糙米產量(X_6)分別與cropton測定值(Y)建立關係式，此三變數間均呈高度之直線關係(表2)。因此，我們將其彼此間的關係式定爲$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$（式中之$\varepsilon$爲殘差，爲一平均爲0，標準差爲$\sigma$的常態隨機變數），而後再循反回歸法(inverse regression)推求一個可將cropton測定值(Y)作爲小區產量(X_3)及單位

表1. 試驗調查所得之數據的基本統計量

Table 1. Basic statistics of the surveyed data

Variable	Mean	Minimum	Maximum	SD	CV(%)
		The complete data set (134 observations)			
Cropton value(Y)	460.3	273.0	601.0	75.7	16.46
Plot-yield(X_3)	2608.7	1510.0	3304.0	373.5	14.32
Milling yield of brown rice (X_6)	484.1	280.0	610.0	69.0	14.25
		The estimation data set (80 observations)			
Cropton value(Y)	459.9	273.0	596.0	75.8	16.48
Plot-yield(X_3)	2605.8	1510.0	3304.0	381.1	14.62
Milling yield of brown rice(X_6)	483.8	280.0	610.0	70.4	14.55
		The validation data set (54 observations)			
Cropton value(Y)	460.8	291.0	601.0	76.4	16.57
Plot-yield(X_3)	2612.9	1772.0	3225.0	365.4	13.98
Milling yield of brown rice (X_6)	484.6	333.0	599.0	67.6	13.94

表2. 穀物收穫量測定器測定值(Y)、小區產量(X_3)及糙米產量(X_6)之相關係數

Table 2. Correlation coefficients among cropton value(Y), plot-yield(X_3), and milling yield of brown rice (X_6).

Variable 1	Variable 2	The complete data set	The estimation data set	The validation data set
Y	X_3	0.9728	0.9718	0.9750
		(0.0001)[z]	(0.0001)	(0.0001)
Y	X_6	0.9647	0.9647	0.9653
		(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)
X_3	X_6	0.9972	0.9970	0.9975
		(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)

[z] The P-value of correlation coefficients among cropton value, plot-yield, and milling yield of brown rice.

面積糙米產量(X_6)進行估測之模式。

爲評量這些模式中的參數（即剩餘機差之標準偏差及回歸係數β_0, β_1等）估值之穩定性，我們利用一次摺刀法(first-order jackknife)分別將兩套80組「模式建立數據」以每次剔除一組數據之方式，進行$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$之求配，由此獲得各個參數之80次重複估值，藉以評量模式中之各參數估值的穩定性，以作爲模式良否判斷依據之一。而後利用模式驗證數據（54組）以評量其估測能力，若驗證結果令人滿意，則以原來全部134組數據爲基礎重新建立新模式，以提高模式中參數估值的精密度，並建立稻穀小區產量及單位面積糙米產量之預測值及其信賴上界與下界。

本試驗所有數據處理及統計分析工作，均藉ＳＡＳ統計分析軟體完成[6]。

結果與討論

水稻新品系選育的過程中因工作項目繁多，且工作量花費甚多的人力及時間，因此，尋求一快速、簡便及正確的方法以評估雜交後代之產量，實有其必要性。本分所引進日本所研發之cropton，原做爲稻穀產量評估之用，但因吳等[1]調查結果顯示此測定器在台灣應用於稻穀產量評估上，準確性尚不足，但應用於小區產量推估上則相關性甚高，因此我們認爲進行水稻雜交育種分離後代產量比較試驗之小區產量的評估應屬可行。由於日本稻穀產量是以單位面積糙米產量(kg/10acre)作爲表達的方式，因此cropton測定值亦以此爲單位。故當我們進行估測模式之開發時，亦以此單位及小區產量分別進行。

因此，我們進行相關數據之調查，期開發出可應用於產量估測模式。在可用的數據中，相關的變數是否具備夠大之變異範圍，將是能否開發出可資利用的估計模式之先決條件[4]。由我們已有的數據中可觀測出其變異範圍應已足夠，變異係數達13-16%(表1)。且由表1及表2的結果顯示，無論小區產量或糙米產量，劃分後的兩組數據之間，在變異範圍與相關結構上都極爲相似，此表示藉由這一套模式驗證數據將可對根據模式建立數據所開發出來的模式進行可靠的測試[7]。以兩個模式建立數據爲基礎而求配出的模式分別爲：

小區產量模式： $Y= -43.7 + 0.1933X_3$ $R^2= 0.9443$
糙米產量模式： $Y= -42.5 + 1.0385X_6$ $R^2= 0.9307$

由分析結果顯示：二模式之決定係數均高達93%以上，且各模式之回歸係數均達極顯著(P-value均低於0.01)。而由此，可循反回歸法獲得一個可以將cropton測定值(Y)進行估測小區產量(X_3)及單位面積糙米產量(X_6)之估測模式：

$\hat{X}_3 = (Y + 43.7) / 0.1933$（小區產量）
$\hat{X}_6 = (Y + 42.5) / 1.0385$（糙米產量）

林和何[2]認爲在一個模式中之參數的估值，如果數據依存性(data dependence)太高，即顯示該模式並不適於作爲一個可靠的估計模式。換言之，一個具有可靠的估計能力之模式，其參數之估值應具有一定程度的穩定性。因此，我們從模式建立數據中，以每次剔除一組數據的方式，逐一求配前述兩個模式，據以評量各模式之參數估值的取樣變異(表3)，由結果顯示兩個產量估測模式的參數估值之穩定性均甚高，而無數據依存性的問題存在。基此，配合前述模式之求配結果，兩個模式應能成爲可資利用的估計模式，唯需待模式評估結果才能確認。

表3. 小區產量與糙米產量估測模式之參數估值的穩定性

Table 3. Stability measures of the parameters of estimation models for plot-yield and milling yield of brown rice

Parameters[z]	Minimum	Maximum	Mean	Std Dev	CV(%)
		Plot-yield			
σ	398.1	449.9	447.0	6.61	1.48
β_0	-52.2	-42.4	-45.9	1.48	-3.22
β_1	0.1926	0.1964	0.1941	0.00058	0.30
		Milling yield of brown rice			
σ	452.6	500.9	497.6	6.87	1.38
β_0	-50.4	-40.6	-44.4	1.56	-6.53
β_1	1.0339	1.0543	1.0421	0.00329	0.32

[z] σ: the standard deviation of the residual; β_0, β_1: the regression coefficient of estimation models.

評量一個模式的估計能力，最好的方法就是以新收集的數據進行測試，但以一套未曾用於求配該模式的獨立數據進行測試亦可達到相同的目的[3]。因此，我們以兩種產量之個別的模式驗證數據爲基礎，針對前述之模式的估計能力進行測試，結果示如圖1及表4。由表4中可知，兩模式在估計時的相對誤差低於5%的比例均爲0.85，所佔比例或有稍低，但其平均相對誤差分別爲2.67%及3.03%。並由圖1中可知兩模式估計值與眞值間的相關係數均達0.96以上，綜而言之，兩個模式對水稻小區產量及糙米產量之估測能力尚令人接受。

以模式建立數據及模式驗證數據合併的新數據重新估算模式參數，雖有學者認爲此方式所得到的

表4. 兩種產量之估測模式在估計時的誤差統計性質

Table 4. Statistics of the errors in predicting the true yield by estimation models.

Model	Pr(RE<1)z	Pr(RE<2)	Pr(RE<3)	Pr(RE<4)	Pr(RE<5)	Pr(RE<6)	Mean RE
Plot-yield	0.2125	0.4625	0.6375	0.7750	0.8500	0.9375	2.67
Milling yield of brown rice	0.2250	0.3750	0.5875	0.7375	0.8500	0.9125	3.03

[z]RE: Relative prediction error,i.e.,

$$RE\ (\%) = 100 \times \frac{|\hat{X} - X|}{X}$$

where X is the true value and $\hat{X}$ is its predicted value.

Pr(RE<1), Pr(RE<2), etc.: the probability of a relative error being less than 1%; 2%, etc.

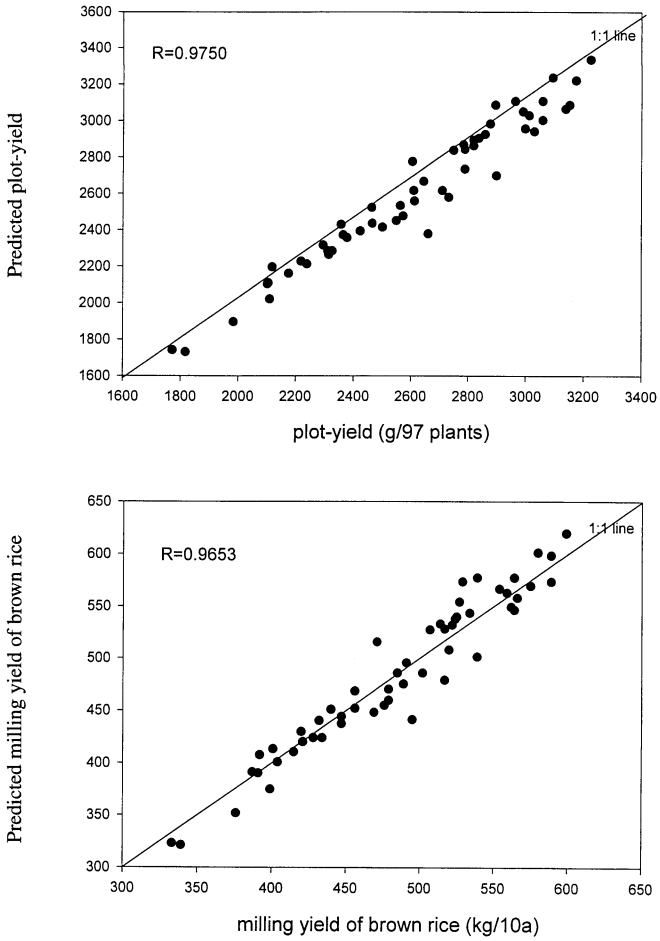


圖1. 兩種產量估測模式於驗證時之估計能力的表現。

Fig 1. Performance of models in predicting the true value.

是一個未經驗證的模式[7]。然則，林和何[2]認爲如果模式建立數據是一套經由妥善設計的試驗過程所得到的，則求配所得之估計模式的可靠應用範圍及其參數估值的精密度，都可在試驗設計之初即賦予一

定程度的要求；因此，這種模式一旦通過獨立的驗證程序，自然無需再以合併的數據重新估算其參數估值。但若模式建立數據係由取樣調查而來，則求配所得的估計模式之可靠應用範圍與參數估值之精密度都受制於數據中之推定變數的變異範圍及取樣的規模。因此，如模式驗證數據是重新調查而來的新數據，自然應予回併入模式建立數據，重新估計模式之參數，以擴大估計模式之可靠應用範圍及提升參數估值之精密度[2]。本研究中之模式驗證數據是由全套數據劃分而來，其推定變數的變異範圍，雖與模式建立數據相似，卻不可能完全相同(表 1)；故基於林和何[2]之立論，以此合併的全套數據所更新估計之模式參數估值，可擴大該模式之可靠應用範圍與提升參數估值的精密度。以全套數據求配兩產量之模式如下：

$$\hat{X}_3 = (Y + 54.5) / 0.1973 \text{（小區產量）}$$
$$\hat{X}_6 = (Y + 52.3) / 1.0586 \text{（糙米產量）}$$

此二模式中之所有參數估值都達極顯著的水準(P-value 皆小於 0.01)。且由更新後的參數估值與原來的參數估值間，並無具體的差異，此更進一步證明兩個模式之參數估值很穩定。再就其剩餘殘差的散佈圖(圖 2)進行檢視，並不能找到明顯的特定型式，顯示穀物收穫量測定器應可作爲水稻雜種後代小區產量之估測工具，因應繁雜的育種工作，可減少工作量，增加產量比較試驗工作之效率。

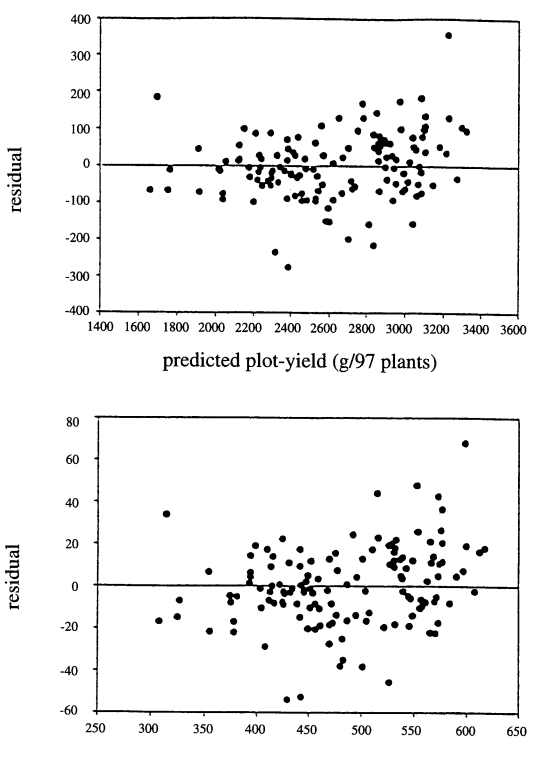


圖 2. 更新數據建立之模式在估計兩種產量時之殘差分佈

Fig 2. Residual plotted against predicted values from the updated models

就前述求配所得之估測模式而言，在經過驗證後已能確認模式並無置疑之處，可將此估式視爲一標準線，藉此利用cropton之測定值估計水稻產量。換言之，將來水稻濕穀之cropton測定值(Ynew)，藉此標準線可估測稻穀之產量(Xnew)。並且，依此可描繪出Xnew離此平均值愈遠其區間愈寬的可信範圍(fiducial interval)(圖3)。就實際數據而言，可信區間於觀測變數之平均時最窄[5]，但因差異甚小，故由圖3中不易發現。至此，爲了日後水稻產量測度上之便利，利用上述的標準線，在給定一新的cropton測定值後可估計出其相對應的水稻小區產量及單位面積糙米產量，與其95%可信範圍之數據，列如表5，作爲日後水稻雜種後代產量比較試驗時之應用。

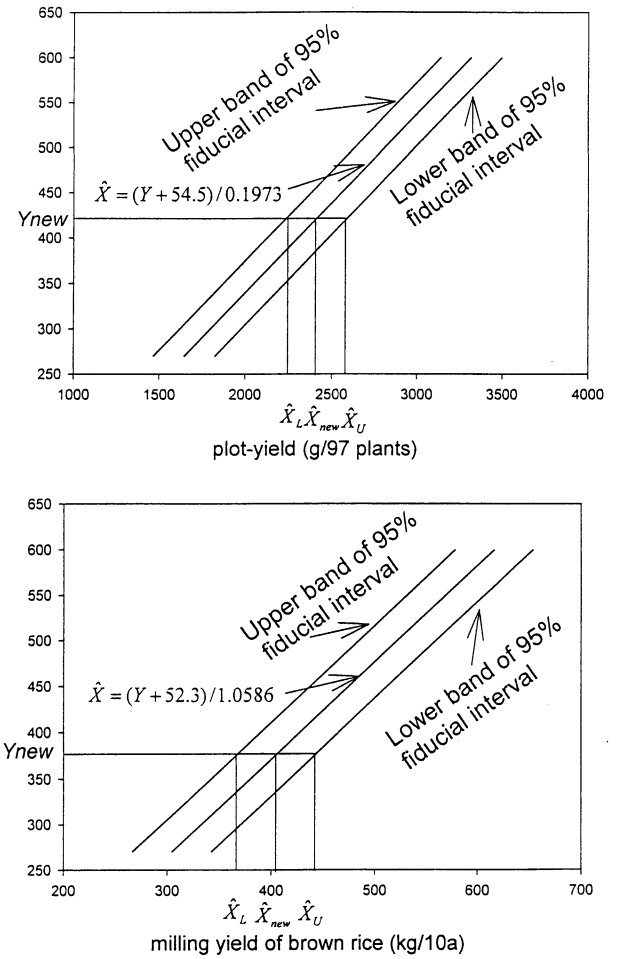


圖3. 更新後模式之穀物收穫量測定器之測定值(Ynew)所相對之產量預測值(Xnew)及其95%可信區間。

Fig 3. Plotted the predicted value and 95% fiducial intervals by give cropton value from the updated models.

誌　謝

本研究之數據統計分析蒙中興大學農藝學系林俊隆教授賜教卓見，產量調查承溪口農場同仁何木榮、張宏謀、張慶榮、莊志慶、許錦城及賴敏裕之協助，謹誌謝忱。

表 5. 更新後模式以穀物收穫量測定器之測定值(Y)估計產量(X)及其 95% 之信賴上界(X_U)與下界(X_L)

Table 5. Cropton value(Y) against estimation yield(X) and its 95% fiducial limits (X_U:upper limit; X_L:lower limit) from the updated models.

Cropton value	Plot-yield (g/97 plants)			Milling yield of brown rice (kg/10a)		
Y	X	X_U	X_L	X	X_U	X_L
270	1644	1826	1462	304	343	266
280	1695	1876	1513	314	352	275
290	1745	1926	1565	323	362	285
300	1796	1977	1616	333	371	295
310	1847	2027	1667	342	380	304
320	1897	2077	1718	352	390	314
330	1948	2128	1769	361	399	323
340	1999	2178	1820	371	408	333
350	2050	2228	1871	380	419	342
360	2100	2279	1922	389	427	352
370	2151	2329	1973	399	437	361
380	2202	2380	2023	408	446	371
390	2252	2430	2074	418	455	380
400	2303	2481	2125	427	465	390
410	2354	2531	2176	437	474	399
420	2404	2582	2227	446	484	409
430	2455	2633	2277	456	493	418
440	2506	2683	2328	465	503	427
450	2556	2734	2379	474	512	437
460	2607	2784	2430	484	521	446
470	2658	2835	2480	493	531	456
480	2708	2886	2531	503	540	465
490	2759	2937	2582	512	550	475
500	2810	2987	2632	522	559	484
510	2860	3038	2683	531	569	494
520	2911	3089	2733	541	578	503
530	2962	3140	2784	550	588	512
540	3013	3191	2834	559	597	522
550	3063	3242	2885	569	607	531
560	3114	3293	2935	578	616	541
570	3165	3343	2986	588	626	550
580	3215	3394	3036	597	635	559
590	3266	3445	3087	607	645	569
600	3317	3496	3137	616	654	578

引用文獻

1. 吳永培、羅正宗、陳一心。 1994 。穀物收穫量測定器應用於水稻產量推估可行性之研究。中華農業研究 43:275-282
2. 林俊隆、何榮祥。 1999 。由濕穀重量折算爲乾穀淨重之轉換比率的估計。中華農學會報 185:120-138 。
3. Berk, K. N. 1984. Validating regression procedures with new data. Technometrics 26:331-338.
4. Draper, N., and Smith, H. 1981. Applied Regression Analysis. 2nd ed. pp.709. Wiley, New York.
5. Neter, J., M. H. Kutner, C. J. Nachtsheim, and W. Wasserman. 1996. Applied Linear Statistical Models. 4th ed. pp.152-175. Richard D. IRWIN , INC.
6. SAS institute Inc. 1988. SAS/STAT user's Guide. Release 6.03 ed. Cary, NC.
7. Snee, R. D. 1977. Validation of regression models: method and example. Technometrics 19:415-428.

Studies on the Application Possibility of Cropton Value for Yield Trial of Rice[1]

Jeng-Chung Lo and Yi-Shin Chen[2]

Summary

This research was conducted from the second crop season of 1998 to the first crop season of 1999, a total of 134 samples for advanced yield trial were concluded. First, we evaluated the cropton value(Y) of the 134 advanced lines. Then, samples were investigated of their weight, moisture content and milling ratio of brown rice for estimating the plot-yield (g/97 plants)(X_3) and milling yield of brown rice (kg/10acre)(X_6). The whole data was split into two portions. One of which contained 3/5 of the 134 samples (as the estimation data) was used to estimate the model parameters. The other (as the validation data) was reserved to check the prediction accuracy of the developed model. The sampling variation of the estimated parameter was examined empirically by a first-order jackknifing from the estimation data. It shows that the estimates of the parameters of a prediction model were quite stable. This model was then tested and updated by the validation data, with a satisfactory result for each yield by cropton value:

$\hat{X}_3 = (Y + 54.5) / 0.1973$ (*for plot-yield*)

$\hat{X}_6 = (Y + 52.3) / 1.0586$ (*for milling yield of brown rice*)

Results show that the cropton value can be applied for rice yield trial to promote the efficiency of rice breeding procedure.

Key words : Rice, Cropton, Yield, Milling yield of brown rice.

1.Contribution No.2032 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2.Respectively, Assistant and Senior Agronomist, Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI, Chiayi, Taiwan, ROC.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(3): 23～33 (2000)

外來種源與台南白自交系F_1雜種後裔之產量雜種優勢及其鮮食用之潛能[1]

謝光照[2]　曾富生[3]

摘要：爲瞭解台南白自交系與外來種源自交系間之F_1雜種其產量潛能之表現，以台中地區之台南白自交系(TNW A)與7個外來種源自交系間之F_1雜種及自然授粉之台南白族群爲對照種，分別於1995年春(3月28日)、夏(5月8日)、秋(9月4日)及冬季裡作(10月26日)於農試所試驗田進行試驗。結果顯示台南白自交系與外來自交系種源之F_1雜種後裔，如TNWA × CML98 、 TNWA × CML93及TNWA × CML76等其產量在四個不同期作環境下均表現較台南白族群高產，同時也具有較大之雜種優勢，顯示外來種源在產量的改良上有應用價值，但鮮食用品質仍有待進一步調查。

關鍵詞：台南白、玉米、外來種源、F_1雜種、雜種優勢。

前　言

自從玉米雜種優勢現象爲育種家發現以來，不同種源間之雜種優勢被廣泛研究。美國玉米帶之種源起源於美國北方硬粒種(northern flint) 及南方馬齒種(southern dent)之混交選拔。1930年代美國最重要的二個玉米基本育種族群之育成，一爲硬粒種的Lancaster surecrop，一爲馬齒種的Iowa stiff synthetic(BSSS)奠定了美國雜交玉米發展的基礎。由此二基礎族群分離而來的自交系及其雜交種組合具有最高的雜種優勢。其後Wellhausen[22, 23]在墨西哥及中南美洲，有系統地檢定出適合熱帶及亞熱帶地區栽培的優良小種複合群(racial complexes)，計有四個，即Tuxpeno 、Cuban flint(CF)、Coastal tropical flint(CTF)及ETO。其中Tuxpeno爲純熱帶型馬齒種，CF爲純熱帶型硬粒種，CTF 爲半硬粒種，ETO爲混合種。CF及CTF合稱爲加勒比海區硬粒種(Caribbean flint)。Tuxpeno與其餘三個小種複合群間之雜交組合所表現之雜種優勢最高。隨後 Goodman [8]也指出了熱帶地區十個雜種優勢之型式。另外，地區環境的不同，尚有適合不同生態環境的雜種優勢模式存在[2, 3, 4, 5, 7, 15, 16, 17, 19]。

一般熱帶型種源對逆境、病及蟲害等具有良好之抗性。引進外來種源之目的在於：(1)擴大種源間遺傳歧異度，增加雜種優勢之表現[20]；(2)作爲病、蟲及逆境抗性之基因來源[9]；(3)引進增加產量之有利基因，使產量增加[14]。Holley and Goodman[10]指出由熱帶種源分離之自交系，在溫帶地區，其農藝性狀之表現一般較差，但其與溫帶種源間之測交種，幾乎都具有良好的產量表現。顯然溫帶種源與熱帶源間相互雜交是有利的。Azar *et al.*[1]改良北美大湖區印地安人種植的白胚乳粉質玉米(white floury

1. 行政院農委會農業試驗所研究報告第2033號。

2. 本所農藝系副研究員。

3. 中興大學農藝學系教授。

maize)，結果顯示外來種源會增加其籽粒產量及減少倒伏之發生，但失去了粉質胚乳之特性。而有關引入外來種源與台南白自交系雜交之F_1雜種有何種表現，尚未有報告可供參考。

本試驗之目的，在於評估外來種源與台南白雜交之F_1雜種產量之表現，作爲外來種源當鮮食用白玉米育種材料之參考。

材料與方法

本試驗所使用材料，計有下列8個自交系，其名稱、起源、粒型及特性詳列於表1。

表1. 本試驗所使用材料之名稱、起源、粒型及特性

Table 1. Background of inbred lines used in this experiment

Inbred or population	Origin	Kernel type	Characters
Exotic inbred			
CML76	TL89A-1477-7	Flint	Intermediate、high GCA
CML84	TL90B-6364-42	Flint	Intermediate、high GCA Resistance to lodging
CML93	TL91-1451-77	Flint	Intermediate、high GCA Resistance to *Turcicum*
CML98	TL88B-6463-15	Dent	Intermediate、high GCA
CML104	TL88A-1427-77	Dent	Intermediate、high GCA
SK160-1	Sliver King derivative	Dent	Intermediate、tall plant, large kernel、 Sensitive to *Turcicum*
IP123-1	IPTT42 derivative	Flint	Intermediate、medium kernel
Native inbred			
TNW A	TNW Taichung population derivative	Dent	Intermediate、large kernel
Native population			
TNW	Pooled 8 population for check	Dent	Intermediate、large kernel

台南白台中族群選育之自交系[18]與七個外來種源自交系雜交之F_1雜種，及全省不同地區等量種子混合而成之台南白族群(對照種)爲材料，於1995年春(3月28日)、夏(5月9日)、秋(9月4日)及冬季裡作(10月26日)在農試所試驗田進行試驗。田間試驗採逢機完全區集設計(RCBD)，四重複，小區行長6m，三行區，行株距爲80×30cm。公頃三要素肥料量爲N：P_2O_5：K_2O＝200：90：60kg。基肥以台肥39號複合肥料 (N：P_2O_5：K_2O＝12：18：12)500kg/ha施用，即氮素60公斤及磷、鉀肥全量於施基肥時一次施用，其餘氮素140kg則待玉米長至齊膝期以硫酸銨(N＝21%)當追肥施用，再進行培土。田間管理之工作，如除草、中耕、培土、病蟲害防治及灌溉，依實際需要進行之。

生育期間調查各農藝性狀，包括開花期、吐絲期、株高、穗位高、果穗鮮重(乳熟期)、穗徑、穗長、行數、每行籽粒數、果穗乾重(生理成熟期)、籽粒乾重、籽粒深度、百粒重及百粒體積。各項農藝性狀之調查方法如下：

(1)開花期(days to tasseling)：係指由播種日起至小區中50%植株達雄穗開花所需之日數。

(2)吐絲期(days to silking)：係指由播種日起至小區中50%植株達雌穗開始吐絲所需之日數。

(3)株高(plant height)：每小區逢機10株，於植株雄穗開花後，由地面至雄穗穗頸節之平均高度，以cm

表示。

(4)穗位高(ear height)：每小區逢機10株，於雌穗吐絲後，由地表至最上位雌穗著生節位之平均高度，以cm表示。

(5)果穗鮮重(ear fresh weight)：春、夏、秋及冬季裡作分別於授粉後21、18、27及32天（乳熟期）每小區逢機採收5穗，剝掉苞葉後鮮果穗之平均重量，以g/ear表示。

(6)穗徑(ear diameter)：上述乳熟期之5逢機果穗，剝掉苞葉後，果穗中間部位寬度之平均直徑，以mm表示。

(7)穗長(ear length)：上述乳熟期之5逢機鮮果穗，量其整穗長度之平均值，以cm表示。

(8)行數(row number)：乳熟期採收之5逢機果穗，調查每穗行數後所得之平均籽粒行數。

(9)單行籽粒數(kernel number)：於乳熟期採收之5個逢機果穗，每穗逢機選取果穗上之一行，數其籽粒數之平均值，以No./row表示。

(10)果穗乾重(ear dry weight)：達生理成熟期之5逢機果穗，以70℃之烘乾機烘7天，待回溫至常溫下，稱其果穗乾重，以g/5 plant表示。

(11)籽粒乾重(grain dry weight)：達生理成熟期之烘乾果穗，脫粒後籽粒（15.5%水分）之重量，以g/5 plant表示。

(12)籽粒深度(kernel depth)：達生理成熟期之烘乾果穗脫粒後，每小區取10粒量其深度之平均值，以mm表示。

(13)百粒重(100-kernel weight)：達生理成熟期烘乾之5個果穗籽粒，逢機取100粒，秤其重量，以g表示。

(14)百粒體積(100-kernel volume)：上述烘乾之5逢機果穗之籽粒，逢機取100粒，利用排水法，以100ml之量筒，加上40ml水後，再倒入100粒種子，震動排出種子表面氣泡後，記錄其上升之體積，以ml表示。

四期作資料先進行個別期作之變方分析後，檢定期作間機差均方是否爲均質，再進行綜合之變方分析，然後進行平均值顯著性比較。

結　果

本試驗所使用自交系材料，有CML76、CML84、CML93、CML98、CML104、SK160-1、IP123-1及TNW A，其詳細背景資料如表1所列。其中TNW A係分離自台中地區台南白族群；SK160-1係由Sliver King品種自交分離而來；IP123-1係由IPTT42分離而來；而CML76、CML84、CML93、CML98與CML104係由CIMMYT引入之自交系，屬中熟、具有高的一般組合力。各期作變方分析之均方值列於表2。春作環境下，基因型間除了吐絲期未有差異外，其餘性狀則均達極顯著差異；夏作環境下，所有性狀在基因間均達極顯著差異；秋作環境下，除了吐絲期、果穗鮮重、穗長及百粒體積未達顯著差異外，其餘性狀均達顯著差異；冬季裡作環境下，除了吐絲期及籽粒深度未有顯著差異外，其餘性狀均達極顯著差異。期作間機差均方均質性檢定，顯示開花期、穗徑及行數爲均質外，其餘非均質之性狀再進行綜合之變方分析，四期作合併之變方分析(表3)，顯示期作間、基因型間均達極顯著差異；而期作×基因型之交感作用，除百粒體積未達顯著外，其餘皆達極顯著。

四個期作相比較(表4)，顯示以春作之開花期及吐絲期所需日數最長，其餘期作間則無明顯差異。株高與穗位高之表現以春作及秋作較高，株高分別爲207與217cm，穗位高分別爲100與103cm；而夏作與冬季裡作則較矮，株高分別爲160與178cm，穗位高分別爲69與71cm。果穗鮮重之表現呈現冬季裡作(260)與秋作(236)＞春作(138)與夏作(90)。穗徑也呈現冬季裡作與秋作＞春作與夏作。穗長之表現，冬季裡作(19.5)與秋作(18.1)＞春作(15.5)與夏作(12.2)。行數之表現，在四個期作間無顯著差

表2. 四個不同期作下，產量及其它農藝性狀變方分析之均方值

Table 2. Mean squares of the analysis of variance for yield and other agronomic characters of exotic and TNW F_1 hybrids evaluated at four crop seasons of 1995

Seasons	Source	DF	Days to tasseling	Days to silking	Plant height	Ear height	Ear fresh weight	Ear diameter	Ear length
Spring	Block	3	0.94	5.08	73	12	1579	7.12	0.54
	Genotypes	7	10.60**	5.42	2083**	1436**	4679**	18.33*	10.33**
	Error	21	1.56	3.55	177	63	886	6.52	2.18
Summer	Block	3	5.04*	19.36**	518**	28	1699	32.11*	5.03
	Genotypes	7	15.26**	30.03**	1184**	503**	8486**	108.20**	29.13**
	Error	21	1.09	2.60	105	54	617	7.18	2.85
Fall	Block	3	9.87*	4.41	842**	288	724	3.50	3.97
	Genotypes	7	8.76*	5.42	767**	570**	2944	14.28**	4.12
	Error	21	3.08	5.15	171	117	1667	3.38	2.82
Winter	Block	3	5.03	25.36**	555*	144	639	19.10*	0.04
	Genotypes	7	4.31**	9.99	2278**	804**	4702**	20.12**	6.46**
	Error	21	1.76	4.19	141	108	803	5.69	0.98

(Continue Table 2)

Seasons	Source	DF	Number of kernel row	Kernel number per row	Ear dry weight	Grain dry weight	Kernel depth	100-kernel weight	100-kernel volume
Spring	Block	3	0.58	51.4**	233	195	0.36	5.29	4.00
	Genotypes	7	3.07**	97.3**	4544**	3644**	1.77**	22.98**	24.42**
	Error	21	0.39	9.9	737	521	0.41	7.73	4.30
Summer	Block	3	0.69	74.4*	1433	976	1.83*	8.96	3.08
	Genotypes	7	5.38**	99.9**	2571**	1627**	7.59**	70.29**	36.07**
	Error	21	0.65	23.2	562	379	0.54	14.70	6.65
Fall	Block	3	1.09	23.5	676	435	0.02	19.01	4.17
	Genotypes	7	5.68**	56.7*	4281**	3371**	1.02*	46.09**	20.21
	Error	21	0.55	15.9	1019	794	0.29	6.92	11.50
Winter	Block	3	0.25	10.9	1202	1399*	0.44*	10.66	21.79
	Genotypes	7	3.00**	37.8**	3051**	2178**	0.55	40.44**	31.26**
	Error	21	0.46	6.7	650	454	0.29	7.52	7.12

*, ** Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

表3. 四期作合併變方分析之產量及其它農藝性狀之均方值

Table 3. Mean squares of the combined analysis of variance for yield and other agronomic characters across four crop seasons

Source	DF	Days to silking	Plant height	Ear height	Ear fresh weight	Ear length
Season (S)	3	522.0**	22334**	11603**	20914**	318.9**
Block/seasons	12	13.0	497	118	116	2.3
Genotypes (G)	7	21.1**	5225**	2664**	1006**	19.7**
S × G	21	9.9**	363**	216**	358**	10.1**
Error	84	3.8	148	85	99	2.2

(Continue Table 3)

Source	DF	Kernel number per row	Ear dry weight	Grain dry weight	Kernel depth	100-kernel weight	100-kernel volume
Season (S)	3	1967**	28367**	2250**	101.21**	3540**	2137**
Block/seasons	12	40	88	7	0.66	11	8
Genotypes (G)	7	147**	765**	64**	6.39**	134**	89**
S × G	21	48**	226**	14**	1.51**	15**	7
Error	84	14	74	5	0.38	9	7

** Significant at 0.01 probability level.

表4. 四個不同期作之產量及其它農藝性狀平均值

Table 4. Means of yield and other agronomic characters of four crop seasons evaluated at Wufeng of 1995

Crop seasons	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/ear)	Ear diameter (mm)	Ear length (cm)
Spring	59.5	63.2	207	100	138	42.4	15.5
Summer	54.2	58.0	160	69	90	37.9	12.2
Fall	51.9	53.9	217	103	236	48.6	18.1
Winter	52.3	55.8	178	71	260	49.6	19.5
$LSD_{0.05}$	3.4	5.5	3.4	16	52	6.0	2.3

(Continue Table 4)

Crop seasons	Number of kernel row (row/ear)	Kernel number per row (kernel)	Ear dry weight (g/5plant)	Grain dry weight (g/5plant)	Kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	100-kernel volume (ml)
Spring	10.6	25.1	377	376	9.8	28.2	24.3
Summer	9.8	15.7	181	127	8.4	22.1	20.4
Fall	10.7	32.0	728	692	12.1	39.8	32.6
Winter	10.2	32.5	815	795	11.9	45.1	38.5
$LSD_{0.05}$	1.2	9.7	144	133	1.2	5.3	4.3

異。秋作與冬季裡作具有較多之單行籽粒數，分別爲32及33.5粒，其次爲春作的25.1粒，夏作最小僅15.7而已。果穗乾重與籽粒乾重之表現，呈現冬季裡作與秋作較大，但彼此間則無差異存在，其次爲春作，表現最低產者爲夏作。籽粒深度以秋作及冬季裡作較大，達11.9～12.1mm，其次爲春作的9.8mm，最小者爲夏作的8.4mm。百粒重及百粒體積，以冬季裡作及秋作較大，其次爲春作，最小者爲夏作。綜合各性狀的表現，顯示由CIMMYT等外來種源與台南白之F_1雜種，在台灣不同栽培期作環境下，以秋作及冬季裡作較能發揮其產量潛能。

外來種源與台中台南白自交系(TNW A)之F_1雜種，在春作生長環境下(表5)，顯示TNW A × CML98與TNW A × CML76由於具有較大之穗徑、穗長、籽粒深度、百粒重及較多之行數及單行籽粒數，故其果穗鮮重、果穗乾重及籽粒乾重呈現較大；而以TNW A × CML84表現最低產。

外來種源與台南白之F_1雜種與台南白族群比較，呈現開花及吐絲期較早，株高及穗位高較矮；果穗鮮重、果穗乾重及籽粒乾重則表現相近；穗徑大於台南白；穗長、單行籽粒數、籽粒深度、百粒重及百粒體積一般則較台南白小，行數較台南白多。

在夏作生長環境下，外來種源與台南白自交系之F_1雜種的表現(表6)，以TNW A × CML76具有較大之穗長、單行籽粒數，故其果穗鮮重、果穗乾重及籽粒乾重均最大。其行數爲10行左右，且開花期及吐絲期均較早。其餘F_1雜種之果穗鮮重、果穗乾重及籽粒乾重則均小於對照種台南白；同時其開花及吐絲期均較台南白早，株高及穗位高均較台南白低；穗長、穗徑、單行籽粒數及籽粒深度、百粒重及百粒體積則較台南白小；行數一般比台南白多；由上面可看出在夏作環境下，除了TNW A × CML76表現較佳外，其餘F_1雜種表現均不如對照種台南白族群。

在秋作環境下，外來種源與台南白之F_1雜種中(表7)，以TNW A × CML93之果穗鮮重、果穗乾重及籽粒乾重等均表現最大，其次爲TNWA × CML104，均具有較粗的穗徑、較長的穗長、較多之行數與單行籽粒數。較高產之F_1雜種與台南白比較，其開花及吐絲較台南白晚2-3天，株高、穗位高、穗長、單行籽粒數、籽粒深度、百粒重及百粒體積則與台南白相近；果穗鮮重、果穗乾重及籽粒乾重則較台南白高產。

表5. 春作環境下，台南白與外來種源間之F_1雜種的產量及其它性狀之平均值

Table 5. Means of yield and other agronomic characters of hybrids obtained from exotic and adapted lines, evaluated at spring of 1995

Genotypes	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/ear)	Ear diameter (mm)	Ear length (cm)
TNW A × CML76	56.3	61.0	200	86	167	43.0	16.3
TNW A × CML84	58.5	62.8	183	83	88	39.3	13.8
TNW A × CML93	59.8	63.5	201	109	163	43.3	16.8
TNW A × CML98	60.5	63.5	224	110	179	46.3	15.8
TNW A × CML104	59.8	63.8	198	99	135	41.8	15.0
TNW A × SK160-1	61.0	64.8	215	116	138	42.8	15.5
TNW A × IP123-1	58.8	62.5	184	86	89	42.3	12.8
TNW (ck)	61.2	64.3	251	139	148	40.0	17.7
$LSD_{0.05}$	1.8	2.8	19	12	43	3.7	2.2

(Continue Table 5)

Genotypes	Number of kernel row (row/ear)	Kernel number per row (kernel)	Ear dry weight (g/5plant)	Grain dry weight (g/5plant)	Kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	100-kernel volume (ml)
TNW A × CML76	10.5	28.3	471	391	9.7	26.4	22.5
TNW A × CML84	10.8	16.5	232	171	8.5	23.7	20.5
TNW A × CML93	11.5	26.3	465	376	10.0	28.6	23.5
TNW A × CML98	11.5	28.5	515	428	10.7	28.7	25.0
TNW A × CML104	10.3	22.8	319	250	10.4	28.2	25.5
TNW A × SK160-1	10.8	25.5	331	268	10.0	28.9	25.8
TNW A × IP123-1	11.0	21.0	256	195	9.5	28.6	23.5
TNW (ck)	8.7	32.2	429	347	9.9	32.2	28.7
$LSD_{0.05}$	0.9	4.6	126	106	0.9	4.0	3.0

表6. 夏作環境下，台南白與外來種源間之F_1雜種的產量及其它性狀之平均值

Table 6. Means of yield and agronomic characters of hybrids obtained from exotic and adapted lines, evaluated at summer of 1995

Genotypes	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/ear)	Ear diameter (mm)	Ear length (cm)
TNW A × CML76	51.5	54.3	163	69	174	38.5	15.6
TNW A × CML84	55.3	59.8	143	61	16	26.3	7.1
TNW A × CML93	53.5	56.8	157	76	83	37.3	12.9
TNW A × CML98	52.5	55.3	179	72	93	39.5	12.8
TNW A × CML104	53.8	58.3	150	57	63	37.0	10.0
TNW A × SK160-1	54.8	59.0	153	74	90	44.0	12.6
TNW A × IP123-1	54.3	57.5	144	53	72	40.3	11.9
TNW (ck)	58.0	63.0	191	87	125	40.5	15.0
$LSD_{0.05}$	1.5	2.4	15	11	36	3.9	2.8

(Continue Table 6)

Genotypes	Number of kernel row (row/ear)	Kernel number per row (kernel)	Ear dry weight (g/5plant)	Grain dry weight (g/5plant)	Kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	100-kernel volume (ml)
TNW A × CML76	9.8	19.8	304	233	8.4	23.8	19.5
TNW A × CML84	10.0	6.0	28	14	5.1	14.1	14.8
TNW A × CML93	10.3	15.8	190	113	8.6	18.1	18.3
TNW A × CML98	10.5	18.0	189	133	9.1	22.9	20.3
TNW A × CML104	9.5	20.2	154	110	8.8	22.1	21.5
TNW A × SK160-1	11.3	15.0	185	120	8.8	23.6	21.5
TNW A × IP123-1	10.8	14.3	150	108	9.1	25.4	22.5
TNW (ck)	8.2	23.0	249	186	9.3	27.2	24.8
$LSD_{0.05}$	1.1	7.1	110	90	1.0	5.6	3.8

表7. 秋作環境下，台南白與外來種源間之 F_1 雜種的產量及其它性狀之平均值

Table 7. Means of yield and other agronomic characters of hybrids obtained from exotic and adapted lines, evaluated at fall of 1995

Genotypes	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/ear)	Ear diameter (mm)	Ear length (cm)
TNW A × CML76	53.0	53.5	204	89	246	48.2	18.8
TNW A × CML84	51.8	54.5	203	97	203	48.8	16.7
TNW A × CML93	52.0	54.0	228	116	291	50.0	19.6
TNW A × CML98	52.0	54.0	235	108	253	50.3	18.1
TNW A × CML104	52.5	54.0	219	98	225	47.2	17.4
TNW A × SK160-1	52.5	55.0	227	118	232	49.5	17.4
TNW A × IP123-1	53.0	54.8	196	86	223	50.2	18.0
TNW (ck)	48.5	51.3	222	108	218	44.8	19.0
$LSD_{0.05}$	2.5	3.3	19	16	60	2.7	2.4

(Continue Table 7)

Genotypes	Number of kernel row (row/ear)	Kernel number per row (kernel)	Ear dry weight (g/5plant)	Grain dry weight (g/5plant)	Kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	100-kernel volume (ml)
TNW A × CML76	11.1	27.7	674	612	11.8	39.6	31.5
TNW A × CML84	11.5	33.2	653	542	11.4	32.2	28.5
TNW A × CML93	12.0	36.7	943	821	12.4	41.0	31.5
TNW A × CML98	11.4	33.1	765	664	12.8	40.0	31.5
TNW A × CML104	10.4	26.9	801	669	12.6	42.8	34.5
TNW A × SK160-1	10.8	31.4	683	600	12.5	38.6	34.5
TNW A × IP123-1	10.6	29.7	674	554	11.8	42.8	35.0
TNW (ck)	8.0	37.0	635	557	12.0	41.4	34.0
$LSD_{0.05}$	1.1	5.8	148	131	0.8	3.9	4.9

在冬季裡作環境下，以TNW A與CML76、84、93、98及SK160-1之 F_1 雜種(表8)，其果穗鮮重、果穗乾重及籽粒乾重等表現較佳，係由於穗徑、穗長、行數及單穗籽粒數較多所致。較高產之 F_1 雜種與台南白比較，其開花期及吐絲期相近；株高及穗位高則較台南白矮；果穗鮮重、穗徑、穗長、行數、單行籽粒數、果穗乾重、籽粒乾重則較台南白大。TNW A × CML76及TNW A × CML93百粒重及百粒體積則呈現小於對照種台南白，而TNW A × CML98的籽粒深度、百粒重及百粒體積則與對照種台南白相近。由上述可看出在冬季裡作環境裏，七個外來種源與台南白之 F_1 雜種中，即有六個產量表現優於對照種台南白，顯示在較低溫之環境下較有利於其雜種優勢之表現，而充分發揮其產量潛能。

四個期作之平均值列於表9，顯示外來種源與台南白之 F_1 雜種中，則以TNW A × CML76、TNW A × CML93及TNW A × CML98之果穗鮮重、果穗乾重與籽粒乾重表現較佳，其增產幅度在15.9～22.5％之間，顯然所使用的七個外來種源自交系之中，有部分表現出優異之雜種優勢，將來可應用於台南白產量育種之改良上。

討　論

由CIMMYT引進之種源(CML76、CML84、CML93、CML98及CML104)、外來族群自交分離之自交系(SK160-1、IP123-1)與台中台南白自交系 TNW A之 F_1 雜種，在不同期作間，其基因型×期作之交感作用，除了百粒體積外，其餘均有顯著差異存在。四個期作之平均值相比較，顯示期作間性狀的表現有很大差異。開花期與吐絲期以春作最長，係由於春作玉米幼苗期正值低溫，不利於營養生長，

表8. 冬季裡作環境下，台南白與外來種源間之F_1雜種的產量及其它性狀之平均值

Table 8. Means of yield and other agronomic characters of hybrids obtained from exotic and adapted lines, evaluated at winter of 1995

Genotypes	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/ear)	Ear diameter (mm)	Ear length (cm)
TNW A × CML76	50.2	52.3	158	62	249	47.3	18.4
TNW A × CML84	51.3	55.5	156	57	270	50.8	19.9
TNW A × CML93	52.8	56.8	195	75	290	51.8	20.2
TNW A × CML98	52.8	56.0	180	70	296	49.5	20.5
TNW A × CML104	52.8	56.8	175	70	267	49.0	20.9
TNW A × SK160-1	53.5	57.5	186	80	289	51.8	20.2
TNW A × IP123-1	52.8	56.0	149	54	225	51.0	17.5
TNW (ck)	52.3	56.0	221	101	200	45.5	18.2
$LSD_{0.05}$	2.0	3.0	17	15	41	3.5	1.5

(Continue Table 8)

Genotypes	Number of kernel row (row/ear)	Kernel number per row (kernel)	Ear dry weight (g/5plant)	Grain dry weight (g/5plant)	Kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	100-kernel volume (ml)
TNW A × CML76	10.8	29.8	810	721	12.1	43.8	35.5
TNW A × CML84	10.8	33.0	834	688	11.7	40.0	35.5
TNW A × CML93	11.0	36.3	923	762	11.5	41.8	35.5
TNW A × CML98	10.3	36.0	899	761	12.3	46.6	39.0
TNW A × CML104	10.3	33.3	877	737	12.2	45.7	41.5
TNW A × SK160-1	10.0	33.5	793	667	12.3	48.0	42.0
TNW A × IP123-1	9.8	27.3	680	549	11.4	49.8	41.0
TNW (ck)	8.2	30.8	706	599	11.7	45.0	38.5
$LSD_{0.05}$	1.0	3.8	119	99	0.8	4.0	3.9

表9. 四期作平均之台南白與外來種源間之F_1雜種的產量及其它性狀之平均值

Table 9. Means of yield and other agronomic characters of hybrids obtained from exotic and adapted lines, evaluated at four crop seasons of 1995

Genotypes	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/ear)	Ear diameter (mm)	Ear length (cm)
TNW A × CML76	52.1	55.3	181	76	209	44.3	16.7
TNW A × CML84	54.2	58.2	171	74	144	41.3	14.4
TNW A × CML93	54.4	57.3	209	91	204	46.9	16.7
TNW A × CML98	54.5	57.6	191	93	208	45.0	17.4
TNW A × CML104	54.7	58.2	185	81	172	43.7	15.9
TNW A × SK160-1	55.4	59.0	195	97	187	47.0	16.5
TNW A × IP123-1	54.7	57.7	168	70	152	45.9	15.0
TNW (ck)	55.0	58.6	221	108	173	42.6	17.5
$LSD_{0.05}$	0.9	1.4	8.5	6.5	22	1.6	1.0

(Continue Table 9)

Genotypes	Number of kernel row (row/ear)	Kernel number per row (kernel)	Ear dry weight (g/5plant)	Grain dry weight (g/5plant)	Kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	100-kernel volume (ml)
TNW A × CML76	10.5	26.5	565	489	10.5	33.4	27.3
TNW A × CML84	10.8	22.2	437	353	9.1	27.5	24.8
TNW A × CML93	11.2	28.7	631	517	10.6	23.4	27.2
TNW A × CML98	10.9	28.9	592	496	11.2	34.5	28.9
TNW A × CML104	10.1	24.0	537	442	11.0	34.7	30.8
TNW A × SK160-1	10.7	26.3	498	414	10.9	34.8	30.9
TNW A × IP123-1	10.5	22.7	440	352	10.4	36.6	30.5
TNW (ck)	8.3	30.6	505	422	10.7	36.4	31.5
$LSD_{0.05}$	0.5	2.6	60	51	0.4	2.1	1.9

故其開花及吐絲呈現較其它三個期作長。果穗鮮重、乾果穗重及籽粒乾重等產量之表現，呈現冬季裡作與秋作＞春作與夏作。可能係由於秋作及冬季裡作籽粒充實期間，正值較低溫期，致使籽粒充實期增長及開花後有較高比例的乾物質累積在籽粒，故籽粒產量表現較大；春作營養期正值低溫，而生殖期則處於高溫及長日照，可能由於供源充足但籽粒充實期短，不利於乾物質累積於籽粒，故表現低於秋作及冬季裡作；夏作，營養生長期及生殖生長期均處於高溫且雨水多，不利於植株生長，又加速葉片老化，故籽粒產量表現極差[11, 12, 13]。上述結果顯示這些外來種源與台南白之 F_1 雜種在秋作及冬季裡作較春作及夏作環境可充分發揮其產量潛能。

外來種源與台南白 F_1 雜種中，春作以 TNW A × CML98 及 TNW A × CML76 兩者具有較大之穗徑、穗長、籽粒深度、百粒重等，故其產量表現較佳。夏作則以 TNW A × CML76 表現較高之產量，同時也具有較大之穗長及穗徑、單行籽粒數也較多。在秋作環境下，以 TNW A × CML93 表現較高產。在冬季裡作環境裡，以 TNWA × CML76 、TNW A × CML84 、TNW A × CML93 、TNW A × CML98 、TNW A × CML104 及 TNW A × SK160-1 等之果穗鮮重、果穗乾重及籽粒乾重均表現較高。四個期作平均亦顯示，外來種源與台南白之 F_1 雜種中，以 TNW A × CML76 、TNW A × CML93 及 TNW A × CML98 三個其產量表現均較對照種台南白高產，其籽粒產量之增加幅度介於 15.9～22.5% 之間。

由上述結果可看出部分外來種源與台南白之間存在較高雜種優勢，或可用於鮮食用白玉米族群改良增加有利基因，或可直接用於 F_1 雜種之生產[6]。而台南白與外來種源之 F_1 雜種有較高產量之表現，可能係外來種源與台南白遺傳歧異性較大所致。

本研究發現引進熱帶、亞熱帶種源會擴大種源間之遺傳歧異度[20]，且因外來種源帶有台南白所不存在之有利基因，故其 F_1 雜種表現出較優之雜種優勢[14]，但對於熱帶種源自交系具有嚴重之自交弱勢[21]，較弱之莖稈、根系及易倒伏，較高之植株及穗位高，屬磨粉用硬粒胚乳型之白玉米種源[3]且脫水速率較台南白快，因而縮短了採收適期等不利因素存在，應用時更應謹慎選擇材料[8]，才易於將有利之基因應用於台南白育種上。因此利用外來種源於台灣鮮食用白玉米之育種上，除了已知可在產量潛能上發揮外，未來在雜交育種上是否仍保有台南白的特有風味及口感，而爲一般消費者所喜愛，仍有待進一步探討。

引用文獻

1. Azar, C., D. E. Mather, and R. I. Hamilton. 1997. Heterosis and endosperm texture in crosses involving maize landraces of the St. Lawrence-great lakes region of north America. Maydica 42:53-47.
2. Beck, D. L., S. K. Vasal, and J. Crossa. 1990. Heterosis and combining ability of CIMMYT'S tropical early and intermediate maturity maize (*Zea mays* L.) germplasm. Maydica 35:279-285.
3. Cavanaugh, K. J., B. E. Zehr, W. E. Nyquist, B. R. Hamaker, and P. L. Crane. 1995. Response to selection for endosperm hardness and associated changes in agronomic traits after four cycle of recurrent selection in maize. Crop Sci. 35:745-748.
4. Chen, Y. H., C. E. Zhang, Z. B. Peng, X. Z. Liu, and J.X. Jia. 1996. The preliminary study on the heterosis models for Tangsipingtou population × Reid population of corn. Acta Agric. Boreali-Sinica 11(3):20-24.
5. Eduardo, L. B., and J. W. Dudley. 1989. Breeding potential in the USA and Argentina of corn populations containing different proportion of flint × dent germplasm. Crop Sci. 29:570-577.
6. Everett, L. A., T. Eta-Ndu, M. Ndioro, and P. Walker. 1995. Combining ability among source populations for tropical mid-altitude maize inbreds. Maydica 40:165-171.
7. Eyherabide, G. H., and A. S. Gonzalez. 1997. Interactions between testers and Argentina maize landrace. Maydica 43:29-38.
8. Goodman, M. M. 1985. Exotic maize germplasm: Statue, prospects, and remedies. Iowa State J. Res. 59:497-527.
9. Holland, J. B., and M. M. Goodman. 1995. Combining ability of tropical maize accessions with U.S. germplasm. Crop Sci.

35:767-773.

10. Holley, R. N., and M. M. Goodman. 1988. Yield potential of tropical hybrid maize derivatives. Crop Sci. 28:213-218.
11. Hong, M. C., H. Tu, and F. S. Thseng. 1984. Variation of yield formation of maize in spring and fall cropping season. J. Agric. Assoc. China 125:61-70.
12. Hunter, R. B., M. Tollenaar, and C. M. Breuer.1977. Effects of photoperiod and temperature on vegetative and reproductive growth of a maize (*Zea mays* L.) hybrid. Can. J. Plant Sci. 57:1127-1134.
13. Lu, S. W.1985. Source, sink and nutrients partion in relation to the grain yield of maize (*Zea mays* L.) grown in different crop seasons. M.S. thesis. Graduate Institute of Agronomy, National Chung-Hsing University.
14. Michelini, L. A., and A. R. Hallauer. 1993. Evaluation of exotic and adapted maize (*Zea mays* L.) germplasm crosses. Maydica 38:275-282.
15. Ord'as, A. 1991. Heterosis in crosses between American and Spanish population of maize. Crop Sci. 31:931-935.
16. Pollak, L. M., S. Torres-Cardona, and A. Sotomayor-Rios. 1991. Evaluation of heterotic patterns among Caribbean and tropical × temperate maize population. Crop Sci. 31:1480-1483.
17. Revilla, P., and W. F. Tracy. 1997. Heterotic patterns among open-pollinated sweet corn cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122(3):319-324.
18. Shieh, G. J., and F. S. Thseng. 1998. Development and evaluation of inbred lines derived from Tainan-white maize population. Jour. Agric. Res. China 47:327-337.
19. Sinobas, J., and I. Monteagudo. 1996. Heterotic patterns among U.S. corn belt and Spanish maize population. Maydica 41:143-148.
20. Uhr, D.V., and M. M. Goodman. 1995. Temperate maize inbreds derived from tropical germplasm: II. Inbred yield trails. Crop Sci. 35:385-390.
21. Vasal, S. K., B.S. Dhillon, G. Srinivasan, S. D. Mclean, J. Crossa, and S.H. Zhang. 1995. Effect of S_3 recurrrent selection in four tropical maize population on their selfed and randomly mated generations. Crop Sci. 35:697-702.
22. Wellhausen, E. J. 1965. Exotic germplasm for improvement of corn belt maize. Proc. 20th Ann. Hybrid Corn 2nd. Res. Conf. PP.31-45.
23. Wellhausen, E. J. 1978. Recent developments in maize breeding in tropics. *In*: Walden, D.B.(ed). Maize Breeding and Genetics pp.59-84. Wiley, New York.

Heterosis and Potential for Green Corn of F_1 Hybrid Among Tainan-white and Exotic Inbred Lines in Maize[1]

Guang-Jauh Shieh[2] and Fu-Sheng Thseng[3]

Summary

The objective of this study is to evaluate the heterosis and yield potential of F_1 hybrids as for green corn among Tainan-white and exotic inbred lines in maize. Seven F_1 hybrids and one open-pollinated Tainan-white (TNW) population (check) used as materials were evaluated in Taiwan Agricultural Research Institute at four crop seasons of 1995. The results showed that some F_1 hybrids among TNW inbred line and exotic inbred lines (as CML98, CML93 and CML76) produced higher yield than that of the open-pollinated TNW population in ear fresh weight and grain dry weight. Heterosis existed among TNW inbred lines and CML76, CML93, CML98. However the eating quality for green corn needs to be further investigated.

Key words : Tainan-white, Maize, Exotic germplasm, F_1 hybrid, Heterosis.

---

1. Contribution No.2033 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2. Associate Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

3. Professor of Agronomy Department, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(3): 34～45 (2000)

外來白胚乳玉米自交系間F_1雜種後裔之產量潛能探討[1]

謝光照　何千里　盧煌勝[2]

摘要：本研究以7個外來自交系間相互雜交而成的21個F_1雜種，及自然授粉之台南白族群爲對照種，分別於1995年春(3月28日)、夏(5月8日)、秋(9月4日)及冬季裡作(10月26日)於農試所試驗田進行試驗，以探討外來種源自交系間F_1雜種之產量潛能。結果顯示，外來自交系種源之F_1雜種後裔，一般具有較多之行數，較粗之穗徑及較小之百粒重及百粒體積之遺傳特性。其產量表現，在夏作則僅有部份F_1雜種與台南白相近；但在春作、秋作及冬裡作環境下，大部份F_1雜種其乳熟期之鮮果穗重及生理成熟期之果穗乾重及籽粒乾重均較對照種高產，特別是秋作及冬季裡作更爲突出。經四期作之比較，顯示外來種源所表現之產量雜種優勢對國內玉米改良深具應用價值。

關鍵詞：玉米、產量、外來種源、F_1雜種、雜種優勢。

前　言

玉米的生育常因栽培地點、期作環境的不同而有顯著差異，並且有基因型與環境的交感作用存在，顯示基因型的表現極易受環境影響。Kang and Gorman[11]認爲當有基因型與環境之交感作用存在時，評估尤須謹愼，同時在良好環境及逆境中進行選拔，才易於選出適應性良好之基因型。

雜種優勢現象爲育種家發現以來，玉米不同種源間之雜種優勢即被廣泛研究。美國最重要的二個玉米基本育種族群，一爲硬粒種的Lancaster Surecrop，一爲馬齒種的Iowa Stiff Stalk synthetic(BSSS)奠定了美國雜交玉米發展的基礎。由此二基礎族群分離而來的自交系及其雜交種組合具有最高的雜種優勢。其後Wellhausen[20, 21]在墨西哥及中南美洲，系統化檢定出適合熱帶及亞熱帶地區栽培的優良小種複合群(racial complexes)，計有Tuxpeno、Cuban flint(CF)、Coastal tropical flint(CTF)及ETO四個，其中Tuxpeno與其餘三個小種複合群間之雜交組合所表現之雜種優勢最高。而Goodman[6]也指出了熱帶地區十個雜種優勢之型式。另外，地區環境的不同，尙有許許多多適合不同生態環境的雜種優勢模式存在[1,2,3,5,14,15,16]。

美國、西非、加勒比海等地區之居民，偏愛黃色胚乳，常在玉米乳熟期採收食用[18]；而東南亞、台灣及中國大陸沿海的消費者則偏好白胚乳的玉米，亦於乳熟期採收，進行碳烤或水煮後當作休閒之消費品。目前在台灣有關鮮食白玉米之栽培以台南白爲主，一直深受消費者所喜愛，而有關引入外來種源白胚乳自交系相互雜交之F_1雜種之產量表現，可供參考之報告相當有限。

本研究之目的，在於評估外來自交系種源間相互雜交之F_1雜種產量之表現，作爲外來種源當鮮食

1.行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2034號。

2.本所農藝系副研究員、助理研究員與研究員。台灣省　台中縣　霧峰鄉。

用白玉米育種材料之參考。

材料與方法

本試驗所使用材料，計有下列7個自交系，其名稱、起源、粒型及特性詳列於表1。

表1. 本試驗所使用材料之名稱、起源、粒型及特性

Table 1. Background of inbred lines used in this experiment

Inbred or population	Origin	Kernel type	Characters
Exotic inbred			
CML76	TL89A-1477-7	Flint	Intermediate, High GCA
CML84	TL90B-6364-42	Flint	Intermediate, High GCA, Resistance to lodging
CML93	TL91-1451-77	Flint	Intermediate maturity, High GCA, Resistance to *Turcicum*
CML98	TL88B-6463-15	Dent	Intermediate maturity, High GCA
CML104	TL88A-1427-77	Dent	Intermediate maturity, High GCA
SK160-1	Sliver King derivative	Dent	Intermediate maturity, Tall plant, Large kernel, Sensitive to *Turcicum*
IP123-1	IPTT42 derivative	Flint	Intermediate maturity, Medium kernel
Native population			
TNW(ck)	Taichung population	Dent	Intermediate maturity, Large kernel

上述七個外來種源自交系相互雜交之F_1雜種，及八個不同地區等量種子混合之台南白族群（對照種）爲材料，自交系於1995年春（3月28日）進行農藝性狀之調查，而F_1雜種及八個不同地區等量種子混合之台南白族群於1995年春（3月28日）、夏（5月9日）、秋（9月4日）及冬季裡作（10月26日）在農試所試驗田進行試驗。田間試驗採逢機完全區集設計(RCBD)，四重複，小區行長6m，三行區，行株距爲80×30cm。公頃三要素肥料量爲N：P_2O_5：K_2O＝200：90：60kg。基肥以台肥39號複合肥料(N：P_2O_5：K_2O＝12：18：12)500kg/ha施用，即氮素60kg及磷、鉀肥全量於施基肥時一次施用，其餘氮素140kg則待玉米長至齊膝期以硫酸銨(N＝21%)當追肥施用，再進行培土。田間管理之工作，如除草、中耕、培土、病蟲害防治及灌溉，依實際需要進行之。

生育期間調查各農藝性狀，包括開花期、吐絲期、株高、穗位高、果穗鮮重（乳熟期）、穗徑、穗長、行數、單行籽粒數、果穗乾重（生理成熟期）、籽粒乾重、籽粒深度、百粒重及百粒體積。各項農藝性狀之調查方法如下：

(1)開花期(days to tasseling)：係指由播種日起至小區中50%植株達雄穗開花所需之日數。

(2)吐絲期(days to silking)：係指由播種日起至小區中50%植株達雌穗開始吐絲所需之日數。

(3)株高(plant height)：每小區逢機10株，於植株雄穗開花後，由地面至雄穗穗頸節之平均高度，以cm表示。

(4)穗位高(ear height)：每小區逢機10株，於雌穗吐絲後，由地表至最上位雌穗著生節位之平均高度，以cm表示。

(5)果穗鮮重(ear fresh weight)：於乳熟期每小區逢機採收5穗，剝掉苞葉後鮮果穗之平均重量，以g/ear

表示。

(6)穗徑(ear diameter)：上述乳熟期之5個逢機果穗，剝掉苞葉後，果穗中間部位寬度之平均直徑，以mm表示。

(7)穗長(ear length)：上述乳熟期之5個逢機鮮果穗，量其整穗長度之平均值，以cm表示。

(8)行數(row number)：乳熟期採收之5個逢機果穗，調查每穗行數所得之平均籽粒行數。

(9)單行籽粒數(kernel number)：於乳熟期採收之5個逢機果穗，每穗逢機選取果穗上之一行，數其籽粒數之平均值，以No./row表示。

(10)果穗乾重(ear dry weight)：達生理成熟期之5個逢機果穗，以70℃之烘乾機烘7天，待回溫至常溫下，稱其果穗乾重，以g/5 plant表示。

(11)籽粒乾重(grain dry weight)：達生理成熟期之烘乾果穗，脫粒後籽粒(15.5%水分)之重量，以g/5 plant表示。

(12)籽粒深度(kernel depth)：達生理成熟期之烘乾果穗脫粒後，每小區取10粒量其深度之平均值，以mm表示。

(13)百粒重(100-kernel weight)：達生理成熟期烘乾之5個果穗籽粒，逢機取100粒，秤其重量，以g表示。

(14)百粒體積(100-kernel volume)：上述烘乾之5逢機果穗之籽粒，逢機取100粒，利用排水法，以100ml之量筒，加上40ml水後，再倒入100粒種子，震動排出種子表面氣泡後，記錄其上升之體積，以ml表示。

四期作之資料各別進行變方分析及平均值顯著性比較。

結 果

本試驗所使用自交系材料，有CML76、CML84、CML93、CML98、CML104、SK160-1及IP123-1。SK160-1係由Sliver King品種自交分離而來；IP123-1係由IPTT42分離而來；而CML76、CML84、CML93、CML98與CML104係由CIMMYT引入，屬中熟，具有高的一般組合力（表1）。其農藝性狀之調查顯示七個外來自交系其開花期之變異介於61~65天，吐絲期介於62~70天，株高介於148~165cm，穗位高介於67~90cm，鮮果穗重介於51~89g/ear，穗長介於9~16cm，穗徑介於32~43mm，行數介於10~16，單行籽粒數介於10~15，百粒重介於17.6~27.4g，百粒體積介於17~28ml，籽粒深度介於5.4~9.2mm，果穗乾重介於92~220g/5plant，而其籽粒乾重則介於63~167g/5plant（表2）。由此7個自交系相互雜交而來的21個F_1雜種，與台南白族群在四個不同期作進行評估試驗之各別變方分析結果（表略），顯示在春作、秋作及冬季裡作環境下，基因型間在所有的性狀均達極顯著差異；而夏作環境下，除了籽粒深度外，其它性狀在基因間均達極顯著差異。

外來種源自交系相互雜交之F_1雜種，在春作環境下（表3），顯示其開花期及吐絲期分別介於57.5~60.0日與60.8~66.0日，一般呈現較台南白來得早開花及吐絲。株高及穗位高介於177~240cm與79~135cm之間，所有的F_1雜種均未明顯的高於對照種台南白。21個雜交種中有10個之果穗鮮重明顯大於對照種台南白(148 g/ear)。穗徑的表現，21個雜交種中，即有20個較對照種（台南白）大。穗長則僅SK160-1 × CML93(19.5cm)較台南白(17.7cm)來得長外，其餘20個組合則與對照種台南白相近或短小。行數則呈現所有的組合均大於對照種，其範圍介於12.3~15.5之間。大部分組合之單行籽粒數均少於對照種。果穗乾重及籽粒乾重方面，呈現大於對照種的組合分別有9個及5個，顯示部份外來自交系間之F_1雜種有高產的潛能存在。籽粒深度方面，除了CML84 × CML76明顯的小於台南白外，其餘表現相近。百粒重及百粒體積之表現，21個F_1雜種中，沒有任何一組合明顯的大於對照種，即大部份組合均具有較小之籽粒體積及重量。

表 2. 春作環境下 7 個外來自交系 14 個性狀之平均值

Table 2. Means of 14 traits of seven exotic inbred lines evaluated in spring of 1995

Inbred lines	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/ear)	Ear diameter (mm)	Ear length (cm)
CML 76	61	62	156	67	51	35	11
CML 84	63	68	148	69	56	42	9
CML 93	64	66	156	76	72	35	14
CML 98	63	64	180	78	89	43	12
CML 104	64	67	145	80	65	32	11
SK 160-1	65	70	165	90	70	34	16
IP 123-1	63	67	150	81	60	42	14

(Continue Table 2)

Inbred lines	Number of kernel row (row/ear)	Kernel No. per row (kernel)	Ear dry weight (g/5plant)	Grain dry weight (g/5plant)	Kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	100-kernel volume (ml)
CML 76	12-14	11	95	86	6.9	24.4	21
CML 84	12	10	145	108	5.4	24.8	28
CML 93	14-16	13	107	84	6.5	17.6	17
CML 98	12-14	15	220	167	9.2	24.6	20
CML 104	10	15	124	96	6.1	26.5	20
SK160-1	12	10	125	100	8.0	27.4	30
IP123-1	12	14	92	73	7.2	23.5	21

表 3. 春作環境下 21 個 F_1 雜交種與台南白之 14 個性狀之平均值

Table 3. Means of 14 traits of 21 F_1 hybrids and Tainan-white evaluated in spring of 1995

Hybrid or population	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/ear)	Ear diameter (mm)	Ear length (cm)
CML93 × CML98	59.8	63.2	228	116	185	46.3	16.0
CML76 × CML98	59.8	63.0	198	87	218	49.5	15.5
CML76 × CML93	57.5	62.0	207	95	186	46.3	15.5
CML104 × CML98	60.0	62.0	218	118	214	50.3	15.5
CML104 × CML93	60.3	63.3	218	115	202	46.0	17.0
CML104 × CML76	58.8	63.3	190	82	171	47.0	15.5
CML84 × CML98	61.8	64.8	210	104	168	47.3	15.3
CML84 × CML93	60.0	63.3	211	108	215	47.0	18.0
CML84 × CML76	59.0	63.5	177	79	111	43.8	13.3
CML84 × CML104	59.0	63.5	198	93	169	46.0	15.0
SK160-1 × CML98	60.8	63.0	240	135	238	48.8	17.8
SK160-1 × CML93	60.5	63.5	228	135	222	47.0	19.5
SK160-1 × CML76	60.3	63.0	227	118	210	47.5	17.3
SK160-1 × CML104	59.0	63.0	199	103	169	44.3	18.3
SK160-1 × CML84	62.0	66.0	211	110	154	41.8	17.0
IP123-1 × CML98	60.0	63.0	204	99	228	51.0	16.0
IP123-1 × CML93	59.3	62.5	202	105	232	50.3	17.5
IP123-1 × CML76	57.8	60.8	199	95	245	51.0	17.8
IP123-1 × CML104	57.8	62.0	191	98	181	49.0	15.0
IP123-1 × CML84	60.5	63.0	203	109	183	49.5	14.8
IP123-1 × SK1601-1	59.3	63.0	199	108	168	46.3	17.3
TNW (ck)	61.2	64.3	251	139	148	40.0	17.7
$LSD_{0.05}$	1.7	1.8	14	11	46	3.3	1.8

(Continue Table 3)

Hybrid or population	Number of kernel row (row/ear)	Kernel No. per row (kernel)	Ear dry weight (g/5plant)	Grain dry weight (g/5plant)	Kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	100-kernel volume (ml)
CML93 × CML98	14.0	27.2	528	411	9.8	26.0	22.3
CML76 × CML98	13.8	29.0	596	478	10.3	26.9	22.3
CML76 × CML93	14.5	27.3	532	410	9.3	25.5	20.8
CML104 × CML98	13.5	20.8	575	449	10.8	29.7	26.0
CML104 × CML93	12.8	24.3	583	430	10.0	30.9	25.3
CML104 × CML76	11.8	21.3	457	347	10.3	30.4	26.0
CML84 × CML98	14.8	25.0	436	330	9.9	22.5	19.3
CML84 × CML93	14.3	27.3	604	418	9.5	25.5	21.3
CML84 × CML76	12.3	21.5	331	233	8.1	20.0	16.8
CML84 × CML104	13.0	25.5	465	335	9.7	23.6	20.5
SK160-1 × CML98	14.3	32.8	620	505	10.7	25.8	22.8
SK160-1 × CML93	13.8	30.3	579	446	9.5	29.0	24.0
SK160-1 × CML76	12.8	29.3	575	457	10.1	28.0	23.3
SK160-1 × CML104	13.0	26.8	452	343	9.8	24.9	22.5
SK160-1 × CML84	13.5	21.3	379	272	9.1	24.4	20.8
IP123-1 × CML98	15.5	26.8	598	487	10.5	26.7	23.0
IP123-1 × CML93	15.0	29.3	682	483	9.4	28.7	22.5
IP123-1 × CML76	14.5	29.3	687	525	10.3	30.7	25.3
IP123-1 × CML104	13.5	24.3	513	376	10.0	29.5	25.5
IP123-1 × CML84	14.0	23.0	522	390	9.4	27.5	22.5
IP123-1 × SK1601-1	13.5	25.3	486	388	10.1	29.1	25.0
TNW (ck)	8.7	32.2	429	347	9.9	32.2	28.7
$LSD_{0.05}$	1.2	4.8	137	111	0.8	3.2	2.6

在夏作環境下（表4），外來自交系間之F_1雜種之開花及吐絲期均較早於台南白。株高及穗位高則較矮於台南白；果穗鮮重除了CML93 × CML98、CML104 × CML98、CML104 × CML76、CML84 × CML93、SK160-1 × CML98、IP123-1 × CML98、IP123-1 × CML93及IP123-1 × CML76與台南白相近外，其餘大部份組合均較對照種台南白來得低產。穗徑明顯大於台南白的有CML 104 × CML98、IP123-1 × CML98、IP123-1 × CML93及IP123-1 × CML76等四個組合。穗長的表現，21個組合中有CML84 × CML93、SK160-1 × CML98、SK160-1 × CML76、IP123-1 × CML93及IP123-1 × CML76等與台南白相近。21個F_1雜種的行數均明顯的大於台南白。單行籽粒數方面，並沒有任何一組合明顯多於對照種。果穗乾重及籽粒乾重二個性狀，計有CML93 × CML98、CML104 × CML98、SK160-1 × CML98、IP123-1 × CML98、IP123-1 × CML93及IP123-1 × CML76等組合表現優於或相近於對照種。除了CML104 × CML98、CML104 × CML76及IP123-1 × CML76與台南白較相近外，其餘籽粒深度均較台南白小。百粒重及百粒體積方面，所有的F_1雜種均明顯小於對照種台南白。

在秋作環境下（表5）21個F_1雜種中，其開花期及吐絲期較對照種台南白晚的分別有18及15個組合。株高方面，除了SK160-1 × CML98較台南白高外，其餘相近或較矮；穗位高方面，則僅SK160-1 × CML98及SK160-1 × CML93較高於台南白，其餘亦相近或較低。鮮果穗重的表現，21個組合中，即有10個較台南白高產。所有的F_1組合其穗徑均較台南白粗大。穗長僅SK160-1 × CML93較台南白長外，其餘如CML 104 × CML93、CML84 × CML93、SK160-1 × CML93及IP123-1 × SK160-1等則與台南白相近。所有外來F_1雜種之行數均大於台南白。單行籽粒數則僅SK160-1 × CML93與台南白相近，其餘大部份組合則具較少之籽粒數。就果穗乾重及籽粒乾重觀之，21個F_1雜種中分別有17及18個較台南白來得高產。所有的F_1雜種與對照種台南白間籽粒深度並沒有明顯差異。而所有的F_1雜種

表 4. 夏作環境下 21 個 F_1 雜交種與台南白之 14 個性狀之平均值

Table 4. Means of 14 traits of 21 F_1 hybrids and Tainan-white evaluated in summer of 1995

Hybrid or population	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/ear)	Ear diameter (mm)	Ear length (cm)
CML93 × CML98	53.8	57.0	173	73	126	42.3	13.9
CML76 × CML98	53.3	56.8	167	61	100	39.3	14.5
CML76 × CML93	53.3	56.5	167	71	100	40.8	14.1
CML104 × CML98	52.3	55.5	155	69	129	45.3	13.7
CML104 × CML93	53.5	56.3	156	75	104	42.3	13.7
CML104 × CML76	53.5	57.5	145	59	137	43.8	14.2
CML84 × CML98	54.0	57.3	171	71	76	39.2	12.3
CML84 × CML93	54.0	57.8	169	75	132	41.8	14.9
CML84 × CML76	54.8	60.0	153	56	106	41.8	13.7
CML84 × CML104	53.3	56.0	157	68	79	39.8	11.0
SK160-1 × CML98	54.0	57.3	176	80	150	42.5	17.0
SK160-1 × CML93	54.5	57.3	179	93	100	42.0	13.4
SK160-1 × CML76	54.8	59.5	176	83	119	40.5	15.1
SK160-1 × CML104	53.5	57.0	156	70	66	37.5	12.1
SK160-1 × CML84	55.0	60.3	168	73	64	33.3	12.2
IP123-1 × CML98	53.0	57.8	164	70	139	45.8	14.5
IP123-1 × CML93	53.8	56.0	172	81	152	45.8	15.5
IP123-1 × CML76	52.5	55.5	167	74	148	47.5	15.0
IP123-1 × CML104	53.2	56.5	146	66	102	44.5	11.7
IP123-1 × CML84	54.5	57.8	164	71	99	44.3	13.2
IP123-1 × SK1601-1	54.0	57.3	159	71	70	33.8	11.1
TNW (ck)	58.0	63.0	191	87	125	40.5	15.0
$LSD_{0.05}$	1.2	2.1	12	9	52	4.7	3.0

(Continue Table 4)

Hybrid or population	Number of kernel row (row/ear)	Kernel No. per row (kernel)	Ear dry weight (g/5plant)	Grain dry weight (g/5plant)	Kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	100-kernel volume (ml)
CML93 × CML98	12.5	21.5	280	205	8.9	19.1	17.5
CML76 × CML98	12.0	16.3	176	117	7.7	18.0	15.8
CML76 × CML93	12.5	14.8	221	136	7.8	19.4	16.5
CML104 × CML98	12.0	18.0	281	198	9.4	21.6	20.3
CML104 × CML93	11.3	13.8	224	141	8.1	21.4	19.3
CML104 × CML76	11.5	20.8	262	183	9.1	20.0	19.3
CML84 × CML98	12.0	11.5	131	83	7.9	14.5	13.0
CML84 × CML93	12.0	19.8	269	150	7.9	17.2	14.8
CML84 × CML76	12.5	16.0	179	115	7.7	14.9	14.5
CML84 × CML104	11.3	12.8	153	97	7.6	17.1	17.5
SK160-1 × CML98	12.8	22.5	293	220	8.6	18.5	17.8
SK160-1 × CML93	12.8	17.3	188	125	8.5	19.5	17.5
SK160-1 × CML76	11.5	16.3	225	151	8.4	17.7	16.8
SK160-1 × CML104	10.8	10.3	107	67	8.3	20.4	20.3
SK160-1 × CML84	12.5	15.0	117	73	8.6	16.3	14.0
IP123-1 × CML98	14.0	20.5	281	205	8.8	20.0	19.3
IP123-1 × CML93	12.8	21.3	340	219	8.3	20.9	18.3
IP123-1 × CML76	13.8	20.0	332	228	9.2	22.0	18.5
IP123-1 × CML104	12.5	13.5	210	138	8.9	22.0	22.0
IP123-1 × CML84	12.3	15.3	188	125	8.7	19.4	18.0
IP123-1 × SK1601-1	11.8	12.0	142	108	8.3	19.2	18.0
TNW (ck)	8.2	23.0	249	186	9.3	27.2	24.8
$LSD_{0.05}$	1.1	7.2	121	93	1.8	3.8	3.1

表5. 秋作環境下21個F_1雜交種與台南白之14個性狀之平均值

Table 5. Means of 14 traits of 21 F_1 hybrids and Tainan-white evaluated in fall of 1995

Hybrid or population	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/ear)	Ear diameter (mm)	Ear length (cm)
CML93 × CML98	52.3	54.3	227	107	288	51.5	18.1
CML76 × CML98	52.0	54.8	206	89	266	53.0	16.5
CML76 × CML93	51.8	55.8	217	99	290	51.3	17.9
CML104 × CML98	50.0	52.0	200	96	269	53.8	17.2
CML104 × CML93	52.3	54.5	218	103	289	51.0	19.4
CML104 × CML76	50.5	53.5	193	91	296	53.0	17.9
CML84 × CML98	53.3	54.5	222	105	262	52.0	17.5
CML84 × CML93	52.8	55.3	209	98	311	52.8	19.6
CML84 × CML76	51.8	55.0	193	85	237	52.0	17.3
CML84 × CML104	52.5	55.0	213	101	270	51.3	18.8
SK160-1 × CML98	52.5	55.8	235	125	280	51.5	18.9
SK160-1 × CML93	51.8	55.0	240	125	372	53.3	21.6
SK160-1 × CML76	53.0	56.3	226	110	322	54.0	19.3
SK160-1 × CML104	52.8	55.8	211	107	236	49.2	18.6
SK160-1 × CML84	52.8	56.8	229	115	269	53.5	18.1
IP123-1 × CML98	50.8	52.0	196	87	241	55.0	16.4
IP123-1 × CML93	51.3	53.0	210	103	279	55.3	18.0
IP123-1 × CML76	51.0	53.0	197	87	279	56.0	17.9
IP123-1 × CML104	50.5	52.3	193	89	244	53.3	16.8
IP123-1 × CML84	53.8	54.8	208	101	320	57.5	18.2
IP123-1 × SK1601-1	52.3	55.5	214	108	273	54.2	19.0
TNW (ck)	48.5	51.3	222	108	218	44.8	19.0
$LSD_{0.05}$	2.2	2.3	15	11	55	2.1	2.0

(Continue Table 5)

Hybrid or population	Number of kernel row (row/ear)	Kernel No. per row (kernel)	Ear dry weight (g/5plant)	Grain dry weight (g/5plant)	Kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	100-kernel volume (ml)
CML93 × CML98	14.4	33.1	888	746	12.3	36.1	27.0
CML76 × CML98	14.1	28.7	811	692	12.2	35.8	29.5
CML76 × CML93	13.6	35.3	904	751	11.6	34.0	30.0
CML104 × CML98	13.6	33.6	845	708	12.3	34.8	30.0
CML104 × CML93	12.7	32.0	898	707	11.8	40.7	33.0
CML104 × CML76	13.2	32.6	932	794	12.5	37.9	31.5
CML84 × CML98	14.3	34.0	814	679	11.5	30.5	27.5
CML84 × CML93	13.9	35.0	964	777	11.5	34.2	28.0
CML84 × CML76	14.1	33.4	772	630	11.2	30.6	25.5
CML84 × CML104	13.5	35.0	855	688	11.8	31.1	28.0
SK160-1 × CML98	14.0	33.9	802	697	11.6	33.3	28.5
SK160-1 × CML93	13.2	39.9	1125	945	12.3	41.6	30.0
SK160-1 × CML76	12.6	34.5	927	792	12.4	39.3	33.5
SK160-1 × CML104	12.9	32.4	774	646	12.2	35.4	31.5
SK160-1 × CML84	14.5	32.3	805	686	11.9	33.0	28.5
IP123-1 × CML98	14.8	24.6	708	597	11.9	37.9	29.5
IP123-1 × CML93	13.7	31.5	875	689	11.6	41.1	31.0
IP123-1 × CML76	14.0	27.6	842	686	12.0	41.2	31.5
IP123-1 × CML104	13.6	29.2	756	623	11.8	36.5	30.5
IP123-1 × CML84	15.0	29.8	944	754	11.7	41.2	33.5
IP123-1 × SK1601-1	13.9	31.4	816	709	12.2	39.9	34.5
TNW (ck)	8.0	37.0	635	557	12.0	41.4	34.0
$LSD_{0.05}$	1.0	4.7	156	96	0.7	4.0	4.3

中，並沒有任何一個百粒重及百粒體積較對照台南白大。

在冬季裡作環境下（表6），大部分組合之開花期與吐絲期與台南白相近，分別介於49.5-54.0天及51.8-58.8天之間。大部份組合株高及穗位高則低於對照種台南白。果穗鮮重、果穗乾重及籽粒乾重等之表現，幾乎所有的組合均高於對照種台南白。穗徑方面，所有F_1雜種均較台南白大；穗長則有13個組合較台南白長。所有F_1雜種組合之行數均大於台南白；單行籽粒數，則有10組合明顯的大於台南白。籽粒深度，則僅有CML104 × CML98 、SK160-1 × CML76及SK160-1 × CML104等較台南白大。百粒重及百粒體積，則僅有少數組合與台南白相近，其餘均較台南白小。

以四個期作平均而言（表7），多數外來F_1雜種之開花期與台南白相近；而吐絲期僅SK160-1 × CML84較晚於台南白。株高及穗位高方面，並沒有任何一個組合較台南白來的高。就果穗鮮重、果穗乾重及籽粒乾重來看，21個外來F_1雜種中，分別有19, 19及16個組合較台南白高產。穗徑及行數二個性狀，則所有的外來F_1雜種均較台南白高出許多。穗長方面，則僅SK160-1 × CML98及SK160-1 × CML93較台南白長，其餘則相近。另就單行籽粒數、籽粒深度、百粒重及百粒體積比較，則沒有任何F_1雜種之此四項數值大於台南白。

討 論

由CIMMYT引進之種源(CML76 、CML84 、CML93 、CML98及CML104)及外來族群自交分離之自交系(SK160-1 、IP123-1)相互雜交之21個F_1組合，經四個期作評估試驗，結果顯示，期作間差異很大，開花期與吐絲期以春作最長，係由於春作玉米幼苗期溫度由低至高，初期營養生長緩慢，故其開花及吐絲呈現較其它三個期作長。果穗鮮重、乾果穗重及籽粒乾重等產量表現，冬季裡作與秋作均優於春作與夏作，此可能由於秋作及冬季裡作籽粒充實期間，正值低溫期，致使籽粒充實期增長及開花後有較高比例的乾物質累積，故籽粒產量表現較爲突出；春作營養期正值低溫，而生殖期則處於高溫及長日照，由於供源充足但籽粒充實期短，不利於乾物質累積，故表現低於秋作及冬季裡作；夏作，營養生長期及生殖生長期均處於高溫且雨水多，不利於植株生長，又加速葉片老化，故籽粒產量極差[9,10,12]。上述結果顯示，這些外來自交系間相互雜交之F_1組合，在秋作及冬季裡作較在春作及夏作環境下，更可充分發揮其產量潛能。

不論任何期作環境下，此7個外來自交系相互雜交的F_1雜種，均呈現較粗的穗徑及較多的籽粒行數(12~16)，以及較小百粒重及百粒體積。在春作環境下，21個F_1雜種中，有10個優於對照種台南白。在夏作高溫、多濕的環境下，僅部份F_1雜種與台南白相近。在秋作環境下，大部份組合較對照台南白晚開花及吐絲，同時約有一半的F_1雜種其果穗鮮重優於台南白；而達生理成熟期之果穗乾重及籽粒乾重，除了4個組合與台南白相近外，其餘均較對照種台南白高產。在冬季裡作環境下，21個F_1雜種之果穗鮮重均較對照種台南白高產，同時其生理成熟期之果穗乾重及籽粒乾重也呈現相同趨勢。大部份F_1雜種在四個期作的平均表現，乳熟期之果穗鮮重及生理成熟期之果穗乾重及籽粒乾重均較對照種台南白來得高產。由此推測，此外來自交系相互雜交之F_1雜種，較適合於台灣秋作及冬季裡作之環境特性。

一般熱帶型種源對逆境、病及蟲具有良好之抗性。引進外來種源可擴大種源間遺傳歧異度，增加雜種優勢之表現[19]，作爲病、蟲害及逆境抗性之基因來源[7]，增加產量之有利基因，使產量增加[13]。Holley and Goodman[8]指出由熱帶種源分離之自交系，在溫帶地區，其農藝性狀之表現一般較差，但其與溫帶種源之測交種，幾乎都具有良好的產量表現。本試驗所使用的外來自交系間之F_1雜種與Shieh and Thseng[17]在相同試驗田及種植期之台南白族群所育成的F_1雜種相比較，顯示除夏作外，在春、秋及冬季裡作均以外來自交系間之F_1雜種具有較高的產量表現，其平均增加幅度在春、秋及冬季裡作分別爲18.9 、17.2及32.6%。因此由本試驗結果可看出部分外來種源之間存在較高雜種優勢，或可用於鮮

表6. 冬季裡作作環境下21個F_1雜交種與台南白之14個性狀之平均值

Table 6. Means of 14 traits of 21 F_1 hybrids and Tainan-white evaluated in winter of 1995

Hybrid or population	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/ear)	Ear diameter (mm)	Ear length (cm)
CML93 × CML98	51.8	54.5	174	73	283	52.0	18.4
CML76 × CML98	51.8	54.8	155	63	304	53.8	17.5
CML76 × CML93	50.0	52.5	169	65	289	53.8	18.6
CML104 × CML98	51.8	54.2	172	69	318	54.0	18.8
CML104 × CML93	51.8	54.5	172	72	331	52.8	19.8
CML104 × CML76	51.8	54.5	158	66	311	54.8	17.5
CML84 × CML98	53.0	57.0	170	68	281	51.0	19.1
CML84 × CML93	51.3	54.3	164	72	336	54.0	19.9
CML84 × CML76	51.0	54.0	150	59	296	55.0	17.6
CML84 × CML104	54.0	57.8	165	66	284	50.5	19.3
SK160-1 × CML98	52.8	57.3	208	97	332	52.8	21.5
SK160-1 × CML93	53.5	57.3	196	98	362	53.2	21.0
SK160-1 × CML76	54.0	58.3	188	84	372	57.3	19.8
SK160-1 × CML104	52.8	58.0	178	79	358	53.8	22.0
SK160-1 × CML84	52.8	58.3	176	78	374	56.0	21.8
IP123-1 × CML98	50.3	52.3	165	69	349	55.8	20.4
IP123-1 × CML93	51.5	53.5	167	71	359	54.2	21.1
IP123-1 × CML76	49.5	51.8	146	58	349	56.0	19.9
IP123-1 × CML104	51.8	53.8	152	66	360	56.0	19.8
IP123-1 × CML84	53.0	56.0	155	70	305	56.3	19.4
IP123-1 × SK1601-1	54.0	58.8	178	77	368	55.8	21.8
TNW (ck)	52.5	56.0	221	101	200	45.5	18.2
$LSD_{0.05}$	2.0	3.1	14	10	37	2.3	1.5

(Continue Table 6)

Hybrid or population	Number of kernel row (row/ear)	Kernel No. per row (kernel)	Ear dry weight (g/5plant)	Grain dry weight (g/5plant)	Kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	100-kernel volume (ml)
CML93 × CML98	13.2	32.2	895	732	11.5	37.1	31.5
CML76 × CML98	13.8	31.5	962	810	12.1	36.7	31.0
CML76 × CML93	14.2	32.5	987	815	11.6	36.6	29.5
CML104 × CML98	13.0	31.8	989	804	12.5	40.1	34.0
CML104 × CML93	13.3	34.5	1048	846	11.9	40.0	33.5
CML104 × CML76	13.5	31.0	965	796	12.4	41.3	36.0
CML84 × CML98	12.8	34.5	856	700	11.0	31.1	27.5
CML84 × CML93	14.0	34.3	1072	845	11.5	37.9	33.5
CML84 × CML76	14.5	31.8	946	777	11.8	35.1	29.5
CML84 × CML104	12.8	34.5	871	693	11.5	34.4	30.5
SK160-1 × CML98	13.3	37.0	1002	841	11.9	36.7	32.0
SK160-1 × CML93	13.3	35.2	1115	896	11.6	40.9	35.0
SK160-1 × CML76	13.3	34.8	1110	938	12.9	43.6	36.0
SK160-1 × CML104	12.0	35.8	1043	869	12.5	42.4	37.5
SK160-1 × CML84	13.8	37.2	1107	892	12.2	38.1	33.0
IP123-1 × CML98	13.5	32.8	1077	884	11.8	42.1	35.5
IP123-1 × CML93	13.3	33.5	1145	870	10.7	43.2	36.0
IP123-1 × CML76	14.0	31.8	1110	897	11.8	42.9	36.0
IP123-1 × CML104	13.3	31.3	1104	867	11.9	44.8	38.5
IP123-1 × CML84	13.5	27.3	980	751	11.4	42.8	35.5
IP123-1 × SK1601-1	11.8	34.5	1099	917	11.8	46.0	40.5
TNW (ck)	8.0	30.8	706	599	11.7	45.0	38.5
$LSD_{0.05}$	0.9	3.1	119	105	0.7	3.2	3.1

表 7. 四個期作下 21 個 F_1 雜交種與台南白 14 個性狀之平均值

Table 7. Means of 14 traits of 21 F_1 hybrids and Tainan-white evaluated in four crop seasons of 1995

Hybrid or population	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Ear fresh weight (g/ear)	Ear diameter (mm)	Ear length (cm)
CML93 × CML98	54.3	57.2	200	92	220	48.0	16.6
CML76 × CML98	54.2	57.3	182	75	222	48.9	16.0
CML76 × CML93	53.1	56.7	190	83	216	48.0	16.5
CML104 × CML98	53.6	55.9	186	88	233	50.8	16.3
CML104 × CML93	54.4	57.1	191	91	231	48.0	17.4
CML104 × CML76	53.6	57.2	172	74	229	49.6	16.3
CML84 × CML98	55.5	58.4	193	87	196	47.4	16.0
CML84 × CML93	54.5	57.6	188	88	248	48.9	18.1
CML84 × CML76	54.1	58.1	168	70	187	48.1	15.5
CML84 × CML104	54.7	58.0	183	82	201	46.9	16.0
SK160-1 × CML98	55.0	58.3	215	109	250	48.9	18.8
SK160-1 × CML93	55.1	58.2	210	113	264	48.9	18.8
SK160-1 × CML76	55.5	59.2	204	99	256	49.8	17.9
SK160-1 × CML104	54.5	58.4	186	90	207	46.2	17.7
SK160-1 × CML84	55.6	60.3	196	94	215	46.1	17.1
IP123-1 × CML98	53.5	55.8	182	81	239	51.9	16.8
IP123-1 × CML93	54.0	56.2	187	90	255	51.4	18.0
IP123-1 × CML76	52.7	55.3	177	78	255	52.6	17.6
IP123-1 × CML104	53.3	56.1	171	80	221	50.7	15.8
IP123-1 × CML84	55.4	57.9	183	88	227	51.9	16.4
IP123-1 × SK1601-1	54.9	58.6	188	89	220	47.5	17.3
TNW (ck)	55.0	58.6	221	108	173	42.6	17.5
$LSD_{0.05}$	0.9	1.2	7	6	27	1.9	1.2

(Continue Table 7)

Hybrid or population	Number of kernel row (row/ear)	Kernel No. per row (kernel)	Ear dry weight (g/5plant)	Grain dry weight (g/5plant)	Kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	100-kernel volume (ml)
CML93 × CML98	13.5	28.5	648	523	10.6	29.6	24.6
CML76 × CML98	13.4	26.4	636	524	10.6	29.4	24.6
CML76 × CML93	13.7	27.5	661	528	10.1	28.8	24.2
CML104 × CML98	13.0	26.0	673	540	11.2	31.6	27.6
CML104 × CML93	12.5	26.1	688	531	10.5	33.2	27.7
CML104 × CML76	12.5	26.4	654	530	11.1	32.4	28.2
CML84 × CML98	13.5	26.3	559	448	10.1	24.7	21.8
CML84 × CML93	13.5	29.1	727	548	10.1	28.7	24.4
CML84 × CML76	13.3	25.9	557	439	9.7	25.2	21.6
CML84 × CML104	12.6	26.9	586	453	10.1	26.5	24.1
SK160-1 × CML98	13.6	31.5	679	566	10.7	28.5	25.2
SK160-1 × CML93	13.2	30.6	752	603	10.4	32.8	26.6
SK160-1 × CML76	12.5	28.7	709	584	11.0	32.2	27.4
SK160-1 × CML104	12.2	26.3	594	481	10.7	30.8	27.9
SK160-1 × CML84	13.6	26.4	602	481	10.5	27.9	24.1
IP123-1 × CML98	14.4	26.2	666	543	10.8	31.7	26.8
IP123-1 × CML93	13.7	28.9	761	565	10.0	33.5	26.9
IP123-1 × CML76	14.1	27.2	743	584	10.8	34.2	27.8
IP123-1 × CML104	13.2	24.5	645	501	10.7	33.2	29.1
IP123-1 × CML84	13.7	23.8	658	505	10.3	32.7	27.4
IP123-1 × SK1601-1	12.7	25.8	636	531	10.6	33.5	29.5
TNW (ck)	8.3	30.6	505	422	10.7	36.4	31.5
$LSD_{0.05}$	0.6	3.0	75	63	0.6	1.9	1.8

食用白玉米族群改良來增加其有利基因頻度，或可直接用於F_1雜種之生產[4]。而外來種源之F_1雜種有較高產量之表現，可能係外來種源本身之間的遺傳歧異性較大所致。但此自交系屬磨粉用硬粒胚乳型之白玉米種源，一般具有脫水速率較台南白快之現象，因而縮短了F_1雜種的採收期間等不利因素存在，應用時更應謹慎選擇材料，才易於將優點應用於白玉米育種上[6]。因此利用外來種源於台灣鮮食用白玉米之育種上，除了已知可在產量潛能上發揮外，未來是否爲一般消費者所喜愛，仍有待進一步評估其食用品質之好壞。

引用文獻

1. Beck, D. L., S. K.Vasal, and J. Crossa. 1990. Heterosis and combining ability of CIMMYT's tropical early and intermediate maturity maize (*Zea mays* L.) germplasm. Maydica 35:279-285.
2. Chen, Y. H., C. E. Zhang, Z. B. Peng, X. Z. Liu, and J. X. Jia. 1996. The preliminary study on the heterosis models for Tangsipingtou population × Reid population of corn. Acta Agric. Boreali-Sinica 11(3):20-24.
3. Eduardo, L. B., and J. W. Dudley. 1989. Breeding potential in the USA and Argentina of corn populations containing different proportion of flint × dent germplasm. Crop Sci. 29:570-577.
4. Everett, L. A., J. T. Eta-Ndu, M. Ndioro, and P. Walker. 1995. Combining ability among source populations for tropical mid-altitude maize inbreds. Maydica 40:165-171.
5. Eyherabide, G. H., and A. S. Gonzalez. 1997. Interactions between testers and Argentina maize landrace. Maydica 43:29-38.
6. Goodman, M. M. 1985. Exotic maize germplasm: statue, prospects, and remedies. Iowa State J. Res. 59:497-527.
7. Holland, J. B., and M. M. Goodman. 1995. Combining ability of tropical maize accessions with U.S. germplasm. Crop Sci. 35:767-773.
8. Holley, R. N., and M. M. Goodman. 1988. Yield potential of tropical hybrid maize derivatives. Crop Sci. 28:213-218.
9. Hong, M. C., H. Tu, and F. S. Thseng. 1984. Variation of yield formation of maize in spring and fall cropping season. J. Agric. Assoc. China 125:61-70.
10. Hunter, R. B., M. Tollenaar, and C. M. Breuer. 1977. Effects of photoperiod and temperature on vegetative and reproductive growth of a maize (*Zea mays* L.) hybrid. Can. J. Plant Sci. 57:1127-1134.
11. Kang, M. S., and D. P. Gorman. 1989. Genotype × environment interaction in maize. Agron. J. 81:662-664.
12. Lu, S. W. 1985. Source, sink and nutrients partion in relation to the grain yield of maize (*Zea mays* L.) grown in different crop seasons. M.S. thesis. Graduate Institute of Agronomy, National Chung-Hsing University.
13. Michelini, L. A., and A. R. Hallauer. 1993. Evaluation of exotic and adapted maize (*Zea mays* L.) germplasm crosses. Maydica 38:275-282.
14. Ord'as, A. 1991. Heterosis in crosses between American and Spanish population of maize. Crop Sci. 31:931-935.
15. Revilla, P., and W. F. Tracy. 1997. Heterotic patterns among open-pollinated sweet corn cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122(3):319-324.
16. Sinobas, J., and I. Monteagudo. 1996. Heterotic patterns among U.S. corn belt and Spanish maize population. Maydica 41:143-148.
17. Shieh, G. J., and F. S. Thseng. 1999. Yield potential of F_1 hybrids derived from Tainan-white maize populations grown in different crop seasons. Jour. Agric. Res. China 48(1):22-39.
18. Spaner, D., R. A. Brathwaite, and D. E. Mather. 1996. Diallel study of open-pollinated maize varieties in Trinidad. Euphytica 90:65-72.
19. Uhr, D. V., and M. M. Goodman. 1995. Temperate maize inbreds derived from tropical germplasm: II. Inbred yield trails. Crop Sci. 35:385-390.
20. Wellhausen, E. J. 1965. Exotic germplasm for improvement of corn belt maize. Proc. 20th Ann. Hybrid Corn 2nd. Res. Conf. PP.31-45.
21. Wellhausen, E. J. 1978. Recent developments in maize breeding in tropics. *In*: Walden, D.B.(ed). Maize Breeding and Genetics pp.59-84. Wiley, New York.

Yield Potential of F_1 Hybrids Among Exotic White Endosperm Inbred Lines of Maize[1]

Guang-Jauh Shieh , Chan-Lee Ho and Hung-Shung Lu[2]

Summary

Twenty-one F_1 hybrids derived from seven exotic maize inbred lines (CML76, CML84, CML93, CML98, CML104, SK160-1 and IP123-1) and open-pollinated Tainan-white (TNW) population were used as materials to evaluate the heterosis and yield potential for green corn. Experiment was conducted at Taiwan Agricultural Research Institute in four crop seasons of 1995. The results showed that these F_1s' have more kernel number and ear diameter than TNW, while the 100-kernel weight and 100-kernel volume were smaller TNW. Most of F_1 hybrids among exotic inbred lines produced higher yield than that TNW for ear fresh weight and grain dry weight in the fall and winter crop seasons. It is expected that information of heterosis investigated among these exotic inbred lines will be very useful for domestic breeding program.

Key words : Maize,Yield, Exotic germplasm, F_1 hybrid, Heterosis.

---

1. Contribution No.2034 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.
2. Respectively, Associate Agronomist, Assistant Agronomist, and Senior Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(3): 46～53 (2000)

桃需冷量與海拔高度間的相互關係[1]

歐錫坤[2] 黃明福[3] 李清彬[3] 呂仕仁[3] 宋家瑋[2]

摘要：桃樹生產需累積足夠的低溫以打破樹體休眠，方能確保栽培成功，亦即桃基因遺傳的需冷量(chilling requirement)必需與產地的低溫累積量(chilling accumulation)相吻合。本試驗目的在於探討桃栽培種需冷量多寡與臺灣中部地區種植高度間的關係，據多年的經驗累積與二年的試驗調查結果顯示：低需冷桃樹(150 CU)在低海拔地區(農試所，海拔85公尺)種植，生長適應良好；另一方面高需冷桃樹(850小時)在高山環境下(武陵農場，海拔1950公尺)生育表現良好。由此可見海拔高度每提升2.7公尺，可累積1低溫單位，此一關係可用來評估台灣山區的低溫累積量。

關鍵詞：桃、需冷量、低溫時數、低溫單位、物候期、低溫累積。

前　言

臺灣桃樹栽培面積自清宣統元年(西元1909年)起開始有統計記錄，以民國二十七年栽培十七萬餘株爲最盛。光復時收穫株數達九萬五千多株，民國四十八年橫貫公路全線通車，退除役官兵的安置以及平地人的湧入，果樹在公路兩側迅速擴充，據山地農牧局民國五十三年與輔導會民國五十七年的報告，沿線所屬的臺中縣和平鄉和南投縣的仁愛鄉，桃樹種植達3萬4千餘株，栽培面積將近100公頃。至民國六十一年全省種植面積超過1,000公頃。高山水蜜桃面積由民國七十年700公頃增加到民國八十五年的1,200公頃[3]。民國八十年五月完成命名並開始推廣低需冷量水蜜桃－'臺農甜蜜'後[13]，平地及低海拔地區除栽培傳統的脆桃外，也可以栽培水蜜桃，這是臺灣桃生產事業的創舉。至民國八十七年種植面積高達3,206公頃，種植株數達126萬1千餘株，臺中縣最多，計有1,834公頃，其次是桃園縣計467公頃，南投縣列於第三位，計248公頃[7]。

臺灣桃的分佈，殆集中於中部以北之山地，南部及東部甚少栽培。這些桃園依高度而言，大抵分佈在海拔500～2,400公尺之高山地帶，在來品種冬季休眠所需的低溫時數較少，海拔200公尺左右的丘陵地，仍可勉強種植。自國外緯度較高地區引入的優良品種，冬季休眠期間所需低溫時數較多，因而多栽培於1000～2500公尺的高山上，以應冬季休眠特性的需要[4]。

Byrne認爲桃樹的種植，在氣候條件上可分爲高冷地(high-chill regions)、中冷地(medium-chill regions)及平地(low-chill regions)，爲了達到「適地適種」的原則，不同地區需選擇不同需冷量的栽培種[18]。Raseira等人認爲在溫帶地區桃樹栽培種需冷量的多寡可分爲高需冷量(7.2℃以下800-1050小時)、中需冷量(500-700小時)及低需冷量(＜500小時)等三大群，以供不同地區種植[20]。臺灣山地面積多達370多萬公頃，占全面積的64.8％[15]，山地溫度因海拔而異，所種植的桃樹栽培品種非常多，有

1.行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2035號。

2.農業試驗所園藝系研究員、助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

3.行政院國軍退除役官兵輔導委員會武陵農場場長、組長及副技師。臺灣省　臺中縣　和平鄉。

高山水蜜桃群與平地水蜜桃群，果農若無「適地適種」觀念，隨意種植無形中將會遭遇到冬季低溫不足，無法正常開花結果，以致產量低，經濟效益差，且多年生的果樹，一旦發現種植的品種不對，重行更新栽培種，對土地、人力、物力等皆形成浪費，故桃樹果園建立之初，對立地條件低溫累積多寡的瞭解及栽培種需冷量高低的選擇不可不慎。

本研究目的在觀察比較高山(高需冷量)與平地(低需冷量)兩種不同生產環境下桃樹栽培種間的物候期表現，以瞭解山地氣候與平地氣候間的季節變化對桃樹所造成的生理週期現象，據此剖析構成「適地適種」的基本條件，文中並探討海拔高度與1月份均溫、緯度與桃始花同時線等相互間的關係，以供落葉果樹栽培者參考使用，避免農友種植不當品種所造成的損失。

材料與方法

一、比較桃需冷量與海拔高度間的相互關係

行政院國軍退除役官兵輔導委員會武陵農場種植水蜜桃的海拔高度爲1740～2150公尺之間，平均高度約爲1950公尺，臺中縣霧峰鄉行政院農業委員會農業試驗所海拔85公尺，調查兩地間的海拔差異，與多年來適應性良好的桃樹供試品種需冷量間的差異，並探討兩者間的相互關係。

二、供試品種

(一)高山高需冷量(high chilling requirement)水蜜桃包括：'武井早生白鳳'、'御板白鳳'、'大玉白鳳'、'八幡白鳳'、'山根白桃'、'中津白桃'、'黃金桃'、'川中島白桃'、'阿部白桃'及'大久保'等10個品種，種植於退輔會武陵農場，爲多年來臺灣高冷地區水蜜桃主要栽培品種中挑選而來[6]。

(二)平地低需冷量(low chilling requirement)桃樹包括：'臺農甜蜜'、'7669'、'Flordaprince'、'Flordaglo'、'Flordagold'、'Flordared'、'Flordastar'、'TropicSnow'、'TropicSweet'及'鶯歌桃'(脆桃類)等[9,11]，種植於農委會農業試驗所，爲多年來在平地栽培生長適應性良好的桃樹栽培種[11]。

三、高山與平地桃物候期調查項目

(一)葉芽萌發：包括葉芽萌動期及萌芽期。

(二)新梢生長：包括新梢開始生長期、副梢開始生長期及新梢生長結束期。

(三)花芽萌發：包括花芽萌動期、露萼期、露瓣期。

(四)開花期：包括始花期、盛花期、末花期及開花持續日數。

(五)果實發育和成熟：果實硬核期、完全硬核期、開始成熟期、成熟盛期、成熟終期及果實發育日數。

(六)落葉期：包括落葉始期及落葉終期。

四、高山與平地氣候資料的記錄與高度、緯度及始花同時線間的關係

以開花爲基準，收集山地與平地全年的氣候資料，如氣溫包括累積最高、最低、平均溫度等，配合桃樹各品種間的物候期觀察，進行相互間的分析與比較。並探討海拔高度、元月均溫與緯度及始花同時線間的相互關係。

結果與討論

一、需冷量高低與種植高度間的相互關係

行政院農業委員會農業試驗所園藝系(海拔高度約85m，東經120° 40′ 54″，北緯24° 1′ 59″)，近二十年來保存自國外引進的毛桃與油桃(*Prunus persica* Batsch)栽培種與優選雜交後代不下65品系，其中200低溫單位(chill unit, CU)以內，適應性良好的低需冷量桃與油桃約有29品系，亦即包括本地種桃樹、國外栽培種與優選後代等。確定需冷量者有17個栽培種，需冷量150 CU者占大多數，共有6個之多[11]，配合多年的調查與經驗，更凸顯出此一需冷量的桃樹栽培品種非常適合臺灣平地種

植。Flordagold (325CU) 雖可在平地種植，但開花情況並不甚理想，著果少，在平地略有低溫不足的現象。

由表1顯示1998年平地桃需冷量在100~325 CU之間，主要開花期多於12月下旬至3月中旬開放，可維持56 ~ 78天之久。3月初開始進入果實硬核期，少數栽培種至4月中旬才進入硬核期。果實最早3月16日即已成熟，以4 ~ 5月爲盛產期，最遲至7月1日結束，依品種而異。各栽培種果實發育日數早熟種僅76天，晚熟種長達123天。大多數栽培品種於10月下旬開始落葉，12月中旬落葉終了。1999年始花期從12月底至1月上旬，但花期仍可維持49～65天之久，於2月下旬至4月上旬進入實硬核期，4月上旬至5月下旬爲果實採收期。果實發育日數的分布94天～124天不等(詳見表1)。

始花期可視爲休眠完成(rest completion)，是評估需冷量的關鍵時刻[12]。平地桃栽培種中需冷量150 CU的始花期，1998年分布於12月23日至30日之間。1999年則在1月4日左右(表1)。以鶯歌桃(170

表1. 臺灣平地低需冷量桃樹主要物候期資料的觀察記錄

Table 1. Observation and record of major phenological period data for low-chill peaches in low-land area of Taiwan.

Cultivar	Chilling requirement (CU)	Bloom date				Ripening time						Leaf drop	
		Start bloom	Full bloom	End bloom	No. of bloom days	First hardening of stone	End hardening of stone	First harvest	Full harvest	End harvest	Fruit develop period[z]	First leaf drop	End leaf drop
						1998							
In-ge-taur	170 [12]	1/13	1/26	3/17	63	4/17	4/28	5/25	5/29	7/1	123	10/29	12/12
Flordaglo	150	12/30	1/13	2/17	49	3/3	3/10	3/23	4/7	5/29	78	10/29	12/2
Flordagold	325	12/30	1/13	3/17	77	3/13	3/23	4/1	4/11	6/5	88	10/20	12/2
Flordaprince	150	12/23	1/13	2/24	63	—	3/3	3/16	3/30	5/1	76	10/20	11/25
Flordared	100	1/5	1/19	3/9	63	3/3	3/13	4/17	4/22	5/29	93	10/20	11/19
Flordastar	225	12/23	1/13	3/11	78	3/3	3/13	3/23	4/7	4/28	84	10/20	12/2
Premier	150	12/30	1/13	2/24	56	3/23	4/1	4/11	4/22	6/5	99	10/29	12/2
TropicSnow	200	12/15	1/6	2/10	57	—	3/3	4/1	4/11	5/11	95	10/29	12/12
TropicSweet	175	12/30	1/13	3/3	63	3/13	3/26	4/17	5/11	5/29	118	10/20	12/12
7669	180 [12]	1/5	1/26	3/17	71	3/3	3/13	4/1	4/17	5/11	81	10/20	12/2
						1999							
In-ge-taur	170 [12]	1/11	1/18	3/17	65	4/9	4/26	5/19	5/22	5/24	124	–	–
Flordaglo	150	—	—	—	—	—	—	4/27	4/30	5/3	–	–	–
Flordagold	325	1/4	1/18	3/1	57	3/7	3/29	4/29	5/2	5/5	104	–	–
Flordaprince	150	—	—	—	—	3/12	3/29	4/6	4/15	4/27	–	–	–
Flordared	100	1/11	1/25	3/1	49	3/20	4/9	4/27	5/3	5/13	98	–	–
Flordastar	225	—	—	—	—	2/25	3/12	4/8	4/19	5/11	–	–	–
Premier	150	1/4	1/18	3/1	57	3/20	4/16	4/19	4/27	5/3	99	–	–
TropicSnow	200	12/28	1/11	2/23	58	2/25	312	4/8	4/15	4/22	94	–	–
TropicSweet	175	12/28	1/11	2/23	58	3/12	3/29	—	—	—	–	–	–
7669	180 [12]	1/4	1/18	2/23	51	2/25	3/16	4/12	4/22	5/3	94	–	–

[z] Fruit development period: from full bloom to full harvest.

CU)的花期爲最慢，1998、1999兩年需冷量超過170 CU的始花期反而較早，呈現不規則現象(表1)。

生長在高山武陵農場的水蜜桃，因冬季氣溫低，萌芽開花較遲，由於高山低溫累積量能滿足各栽培種的需冷量，故花期較短且集中。1998與1999年花期維持在20～28天之間(表2)，平地桃花期短者

49天，長者可達78天(表1)，較高山桃多出2.9倍的時間。高山桃多於3月上中旬完成休眠開始開花，於4月上旬結束花期。果實硬核期發生於5月上旬至5月底之間。果實6月中旬開始成熟至8月中下旬成熟終了，1998年果實發育日數早熟種103天，晚熟種須146天；1999年則爲106天至145天之間。

表2. 台灣高山地區（武陵農場）高需冷量桃樹主要物候期資料的觀察記錄

Table 2. Observation and record of major phenological period data for high-chill peaches in high-land area (Wuling Veteran's Farm) of Taiwan.

Cultivar	Bloom date					Ripening time						Leaf drop	
	Chilling requirement (hour)	Start bloom	Full bloom	End bloom	No. of bloom days	First hardening of stone	End hardening of stone	First harvest	Full harvest	End harvest	Fruit develop period[y]	First leaf drop	End leaf drop
						1998							
川中島白桃 Kawanakajima Hakuto	800	3/13	3/25	4/3	20	4/28	5/17	7/25	8/2	8/15	130	10/4	11/9
山根白桃 Yamane Hakuto	-	3/2	3/14	3/22	20	5/3	5/28	7/25	8/2	8/13	141	10/6	11/21
中津白桃 Nakatsu Hakuto	-	3/1	3/13	3/25	25	5/2	5/26	7/25	8/2	8/10	142	10/6	11/16
阿部白桃 Abe Hakuto	-	3/14	3/26	4/4	20	5/4	5/29	7/28	8/8	8/15	135	10/4	11/9
八幡白鳳 Yawata Hakuho	(850)[z]	3/13	3/25	4/3	20	4/27	5/15	7/2	7/8	7/13	105	10/3	11/9
大玉白鳳 Otama Hakuho	-	3/13	3/25	4/7	24	4/29	5/17	7/8	7/15	7/22	112	10/3	11/9
武井早生白鳳 Takei Wase Hakuho	-	3/1	3/14	3/21	20	4/20	5/5	6/15	6/25	7/10	103	10/2	11/21
御板白鳳 Misaka Hakuho	-	3/13	3/25	4/4	21	4/29	5/18	7/2	7/10	7/15	107	10/3	11/9
大久保 Okubo	850	3/11	3/21	3/29	20	4/25	5/13	7/2	7/8	7/15	109	10/1	11/7
黃金桃 Ogonto	-	3/14	3/22	4/10	28	5/1	5/26	8/8	8/15	8/20	146	10/7	11/14
						1999							
川中島白桃 Kawanakajima Hakuto	800	3/10	3/23	4/2	22	4/30	5/20	7/29	8/18	8/15	134	11/20	12/2
山根白桃 Yamane Hakuto	-	3/6	3/12	3/30	24	5/3	5/25	7/28	8/4	8/15	145	11/15	12/3
中津白桃 Nakatsu Hakuto	-	3/8	3/10	3/19	11	5/4	5/29	7/28	8/2	8/11	145	11/12	11/30
阿部白桃 Abe Hakuto	-	3/15	3/24	4/2	17	5/6	5/30	7/30	8/9	8/16	138	11/25	12/10
八幡白鳳 Yawata Hakuho	(850)[z]	3/8	3/21	3/28	20	4/26	5/18	7/4	7/10	7/13	111	11/12	11/30
大玉白鳳 Otama Hakuho	-	3/8	3/23	3/30	22	5/1	5/30	7/11	7/16	7/23	115	11/15	12/2
武井早生白鳳 Takei Wase Hakuho	-	3/1	3/12	3/25	24	4/22	5/7	6/17	6/26	7/12	106	11/10	11/25
御板白鳳 Misaka Hakuho	-	3/1	3/23	3/28	27	4/30	5/19	7/5	7/12	7/16	111	11/10	11/25
大久保 Okubo	850	3/9	3/18	3/21	12	4/26	5/15	7/3	7/9	7/15	113	11/10	11/13
黃金桃 Ogonto	-	3/10	3/23	4/2	22	5/2	5/18	8/9	8/15	8/22	145	11/20	12/2

[z] Data in the parenthesis represents the tentative chilling hours given by author.

[y] Fruit devolopment period: from full bloom to full harvest.

大多數栽培品種於10月初開始落葉至11月上、中旬落葉完畢（詳見表2）。

據王力榮等人1997年於河南鄭州對'大久保'及'白鳳'需冷量的評估皆爲850小時（低於7.2℃的小時數）[1]，1998年'大久保'在武陵農場的始花期爲3月11日，本試驗高山桃10個栽培品種，有7個始花期在3月11日～14日，可見武陵農場種植的品種需冷量約在800~900小時上下。

又據1991年石田雅士與久保田尚浩的研究報導，'八幡白鳳'、'白鳳'與'黃金桃'等在日本的開花期皆在4月上中旬[17]；由此可見'八幡白鳳'的需冷量應與'白鳳'相當，因爲'八幡白鳳'爲日本山梨市八幡地區由'白鳳'所發現的早生枝變品種，主要特性爲收穫期較'白鳳'早7～10日[17]，而'白鳳'的需冷量爲850小時[1]。表2諸多品種中1998年與'八幡白鳳'(筆者推測爲850小時)始花期相似者有'御板白鳳'、'大玉白

鳳'及'川中島白桃'(800小時，私下與左覃元聯繫之評估結果)等。至於'黃金桃'與'阿部白桃'則慢一天；'大久保'(850小時)反而早2天，由此顯示武陵農場種植的桃樹栽培種需冷量約在800～850小時之間爲主。1998年與1999年栽培種需冷量高低(800小時與850小時)的始花期早晚並未呈現理想的規則性；表1低需冷量桃樹也有此一現象，著者曾花八年時間評估臺灣本地桃樹的需冷量與模式開發，也有此一不規則現象[12]，此一現象實際栽培上並不算重大瑕疵。

據1935年田中論一郎的意見：臺灣山區的果樹栽培，桃的品種中應依據地勢的高度不同，在較低的地區栽培美國Florida系統，地勢再高時栽培天津及蟠桃品種，最高的山區則應種植白桃、離核及'上海水蜜桃'等[16]，據1997年王力榮等人的評估，'上海水蜜桃'需冷量850小時[1]。當時桃栽培種並未個別明確的賦予需冷量的情況下，此一論點與本試驗調查結果相當吻合，深具適地適種的觀念。可惜這些建議由於當時客觀條件的限制，未能大規模的發展，僅透過山地警察系統少量試種[5]。

二、海拔高度與1月份均溫、桃始花同時線間的相互關係

自1993~1999六年來，臺灣中部平地冬季最低月均溫出現在1月份爲16.6℃，每月最低溫的平均溫度亦出現在1月份爲12.2℃（詳見表3），相較於溫帶地區以7.2℃（45°F）爲臨界溫度來評估桃樹冬天的需冷量（chilling requirement）實在高出很多，但是本地桃樹在地還是生育良好。由此顯示溫帶

表3. 從1993至1999年霧峰地區冬天最高、最低與平均溫度記錄

Table 3. The winter temperature record at Wufeng, Taiwan from 1993 to 1999.

	December			January			February			March		
Year	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1993-1994	23.7	13.1	17.6	22.3	12.5	16.5	22.4	14.1	17.5	22.2	14.1	17.6
1994-1995	26.4	16.4	20.4	22.3	11.1	15.9	20.3	11.9	15.2	23.3	14.6	18.6
1995-1996	23.5	10.7	15.9	23.7	11.0	16.2	21.3	11.7	15.8	25.6	15.9	19.9
1996-1997	24.5	12.6	17.3	23.5	11.9	16.3	21.3	13.6	16.5	25.4	16.4	20.2
1997-1998	24.6	14.4	18.7	23.1	13.4	17.2	22.0	14.6	17.6	25.7	16.9	20.5
1998-1999	25.0	15.7	19.4	22.9	13.4	17.2	24.2	12.5	17.6	26.7	17.5	21.3
Average	24.6	13.8	18.2	23.0	12.2	16.6	21.9	13.1	16.7	24.8	15.9	19.7

A : Means of daily maximum.

B : Means of daily minimum.

C : Means of monthly.

地區與亞熱帶地區，冬天打破桃樹休眠的臨界溫度範圍是不相同的，而且值得深入研究探討。

吳榜華等人（1998年）認爲物種的分佈有沿海拔和緯度移動的趨勢。按海拔每升高500m氣溫下降3℃來推算[2]，武陵農場桃樹栽培分布於海拔1740～2150m之間，氣溫較農試所（85m）下降9.9～12.4℃。依此推測農試所一月份平均溫度16.6℃，在武陵農場1月份平均溫度約在4.2～6.7℃之間。據此溫度配合中國一月份之平均氣溫分布圖(圖1)[8,10]，4～6℃等溫線分布於緯度26～33度之間，而此緯度在桃始花同時線分佈圖其始花同時線約在三月中旬(圖2)[10,14]，與武陵農場的始花期(3月上、中旬)相當吻合，此一結果可供爲臺灣高山地區引種的參考。

三、海拔高度、緯度與桃始花同時線間的相互關係

隨著全球氣候的變化，氣溫的變化與物種的分布有沿海拔和緯度梯度移動趨勢。按海拔每升高500m氣溫下降3℃來推算，物種在海拔上移動500m相當於在緯度方向移動大約250km[2]。但在溫帶地區Peters與Parling (1985)認爲全球溫度上升3℃，對於某些物種而言，在緯度方向的移動至少300km[19]。

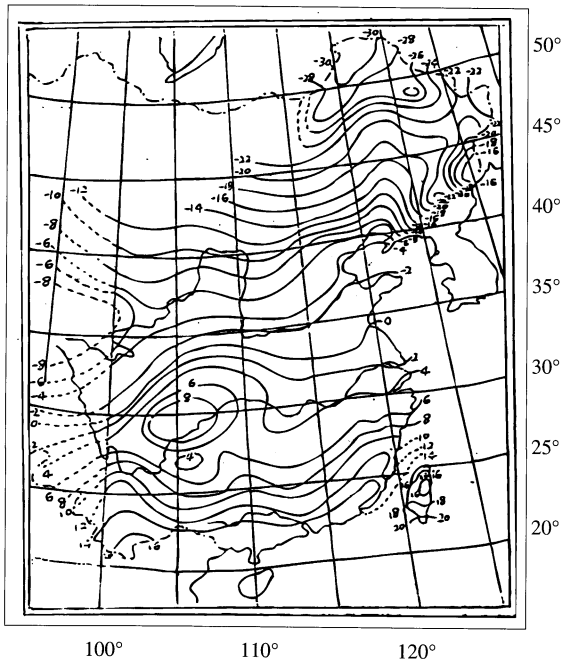


圖1. 中國與臺灣一月份之平均氣溫分佈圖(劉昭民，1994)

Fig. 1. Distribution map of average January temperatures in Mainland China and Taiwan. (劉昭民，1994)

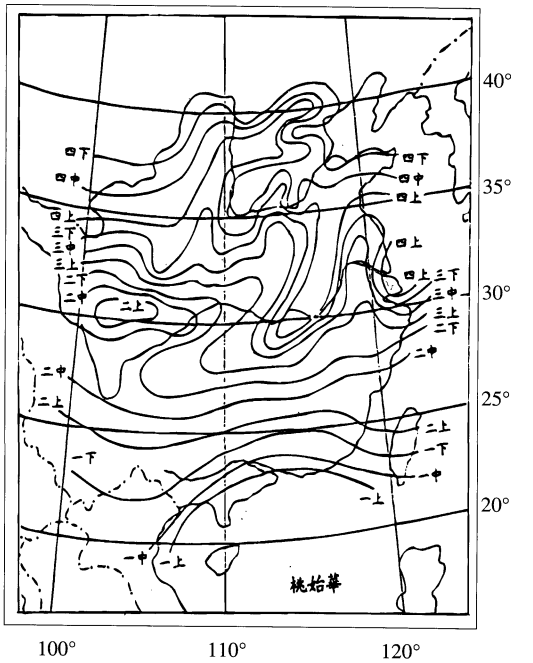


圖2. 根據現代物候觀測報告所製成的桃始花同時線分佈圖(盧溫甫，1936)

Fig. 2. The lines of the same start-bloom time for peaches in Mainland China and Taiwan.(盧溫甫，1936)

如農業委員會農業試驗所海拔85m，緯度24度1分59秒，年均溫22.7℃，並不適合種植溫帶水蜜桃(高需冷量850小時)，若是要種植則需至海拔1740～2150m上下的高山地區種植，才能滿足桃樹低溫需求量，本所(85m)海拔上升1655～2065m(以物種在海拔上移動500m相當於在緯度方向移動大約250km計算，則相當於緯度方向往北移動827.5～1032.5km，約緯度7.5～9.4度(每一緯度以110km計算)，大約移至緯度31.7度(相當於無錫－合肥－隨縣－平昌)～33.6度（淮陰—淮陽—留壩)的地區。再者前述4～6℃等溫線所分佈的緯度(26～33度)(圖1)，與此一推論(31.7～33.6度）結果亦相當吻合，亦即緯度26～33度所分布的大陸桃樹品種應可適合臺灣高冷地種植。

四、低溫的累積與海拔高度間的關係

若以栽培種需冷量與海拔高度分佈而言，適合農業試驗所平地（85m）桃生長的栽培品種需冷量在150 CU上下，適合武陵農場高山（1950m）桃生長的栽培品種需冷量在850小時，由此顯示海拔高度每提升2.7公尺，可累積1低溫單位(如圖3)。由此不同海拔高度演譯的低溫累積公式爲：累積低溫單位(CU)=150 CU+ (H-85m) ÷ 2.7m/CU，H爲海拔高度(公尺)。若能掌握此一原則，在不同海拔高度選擇不同需冷量桃栽培種，將可很容易地達成「適地適種」的基本原則。

誌　　謝

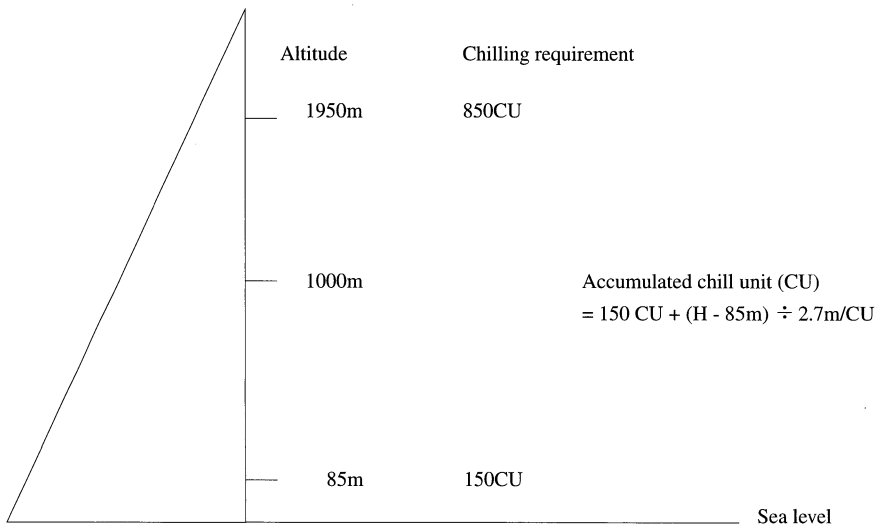


圖3. 臺灣中部山區桃樹種植高度與低溫累積間的相互關係。H：爲海拔高度(公尺)。

Fig. 3. The relationship between planting altitudes and chilling accumulation for peaches in the mountainous areas of central Taiwan. H: altitude (masl).

本計畫承蒙行政院農委會「農業氣象之研究」計畫項下，計畫編號88科技-1.1-糧-13(12)與89科技-1.9-糧-01(8)連續二年經費支持，謹誌謝忱。同時感謝農工系漆匡時先生與農化系陳琦玲博士提供本所多年氣象資料，農委會計畫助理劉麗玉及國科會計畫助理艾慶平，技工陳耿信、林海生與劉慶良等多年的協助。

引用文獻

1. 王力榮、朱更瑞、左覃元。1997。中國桃品種需冷量的研究。園藝學報24(2):194-196。
2. 吳榜華、孟慶繁、趙元根、劉延春。1997。全球氣候變化與生物多樣性。海峽兩岸森林生物技術及環境變遷對森林生態性的影響研討會論文集。43-52頁。
3. 財團法人豐年社。1998。臺灣省政府農林廳志。268-269頁。臺灣省政府農林廳出版。
4. 康有德。1966。第二十九章 桃。425-451頁。臺灣省政府農林廳編印。農業要覽第八輯園藝作物第一篇果樹。
5. 康有德。1969。臺灣山區的果樹事業。科學農業17(9,10):441-453。
6. 黃明福。1994。臺灣高冷地區水蜜桃之栽培品種。農藥世界131:17-20。
7. 臺灣省政府農林廳。1999。桃。臺灣農業年報。124頁。
8. 劉昭民。1994。中國歷史上氣候之變遷。45頁。台灣商務印書館發行。
9. 歐錫坤。1992。臺灣本地種桃樹的低溫需求量評估。中華農業研究41(3):251-260。
10. 歐錫坤、宋家瑋。1998。臺灣平地桃品種改良。中國園藝44(3): 205-211。
11. 歐錫坤、宋家瑋。1999。低需冷量桃樹在臺灣平地的生育表現。中國園藝45(4):317-326。
12. 歐錫坤、陳琦玲。2000。臺灣本地桃樹的需冷量評估與模式開發。中國園藝46 (完成審查，排印中)。
13. 歐錫坤、溫英杰、徐信次、施昭彰、蕭吉雄。1991。低海拔水蜜桃'臺農甜蜜'選育經過及歷年試驗成績。臺灣省農業試驗所新品種命名資料。
14. 盧溫甫。1936。物候初步報告。氣象雜誌12卷3期。
15. 韓西奄。1951。臺灣山地人民之經濟生活。臺灣銀行季刊4(2): 116-151。

16. 田中諭一郎。1935。山地開發と果樹栽培。熱帶園藝 5(4): 317-328。
17. 石田雅士、久保田尚浩。1991。モモ。447-493 頁。杉浦明(主編)。新編果樹園藝ハンドブック。東京株式會社養賢堂發行。
18. Byrne, D.H. and T.A. Bacon. 1991. 'TexRoyal', a medium-chilling peach. HortScience 26(10): 1338-1340.
19. Peters, R.L. and Darling, J.D. 1985. The greenhouse effect and nature reserves. Biosci. 35(11): 707-717.
20. Raseira, M.C.B. and J.N. Moore. 1987. Time of flower bud initiation in peach cultivars differing in chilling requirement. HortScience 22(2): 216-218.

The Relationship between Cultivar's Chilling Requirement and Planting Altitudes of Peaches[1]

Shyi-Kuan Ou [2], Ming-Fwu Hwang [3], Ching-Pin Li [3], Shih-Jen Lu [3], and Chia-Wei Song [2]

Summary

For successful production of peaches, the tree requires the accumulation of sufficient chilling temperatures to break dormancy. Thus the chilling requirement (CR) of the peach genotype needs to be matched with the chilling accumulated for the production area. The objective of this study was to determine the relationship between cultivar's chilling requirement and planting altitude for the central area of Taiwan. Years of experience and 2 years of experimental work has shown that low-chill peaches (150 CU) are well adapted to low altitude growing conditions (TARI, 85 masl) whereas high chill peaches (850 hours) perform well under high altitude (Wuling Veteran's Farm, 1950 masl) conditions. Thus for every 2.7 meters in altitude, one chilling unit is accumulated. This relationship can be used to estimate the accumulated chilling in the mountainous areas of Taiwan.

Key words : Peach, Chilling requirement (CR), Hours chilling, Chill unit (CU), Phenological period, Chilling accumulation.

---

1. Contribution No.2035 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.
2. Senior and Assistant Horticulturist, respectively, Department of Horticulture, Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Director and Technicians, respectively, Wuling Veteran's Farm, Veterans Affairs Commission, Executive Yuan, ROC.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(3): 54～59 (2000)

加溼控制方法對杏鮑菇瓶栽自動化生產之影響[1]

彭金騰　戴閔聰　蔡英芳[2]

摘要：本研究以金針菇自動化生產設備，進行杏鮑菇栽培期間利用超音波噴霧器，以定時器控制加溼間隔與時間及以溼度感應控制器，控制出菇室之溼度，在栽培用菌種去皮後蓋回瓶蓋與不蓋兩處理下，對杏鮑菇自動化生產影響之研究。試驗結果顯示，在同爲不加蓋處理下，採用定時加溼處理之產量與生物效率雖較感應加溼處理略低，但無顯著之差異，且前者採收90％產量、採收完成及接種至採收90％產量所須時間均顯著較短，而且此係在定時加溼之出菇室從栽培用菌種去皮後至採收開始期間之溫度較感應加溼之出菇室略低下，進行所得之結果。因此建議推薦栽培杏鮑菇以超音波噴霧器加溼時，採用定時器控制加溼間隔與時間，以控制出菇室之溼度即可，既可減少栽培投資成本，又可縮短栽培期間，減少能源消耗，提高出菇室利用效率，降低生產成本。

關鍵詞：杏鮑菇、加溼控制方式、自動化、瓶栽生產

前　言

杏鮑菇【*Pleurotus eryngii* (DC.:Fr.) Quél.】是行政院農業委員會農業試驗所於1992～1996年間開發可利用大部份金針菇生產設備栽培之高品質食用菇，其口感及風味特佳，且耐儲存與運輸。此菇生產開發研究期間，臺灣數家金針菇廠曾試栽試銷，極受鮮市消費者喜愛，其罐頭製品之菇體口感極佳，頗受餐館廚師愛用及消費者讚賞。杏鮑菇之生產技術層次高，且投資大，是臺灣加入世貿組織後，具有市場競爭力與潛力之高經濟價值農產品[1,2,3,4]。

根據作者及杏鮑菇生產業者之實際栽培經驗，杏鮑菇瓶栽過程中，出菇期間之空氣溼度與加溼方式對杏鮑菇之產量與菇體品質關係密切。溼度過低(RH低於85％)，不管瓶口去皮與否，由於開蓋後，瓶口部份之菌絲恢復生長較慢且易受木黴侵害，影響出菇、菇體生長及產量[3]。出菇室之溼度若常出現飽和狀態，甚至於瓶口出菇表面或菇體上有水滴時，瓶口常會產生不定形之組織，然後由此組織產生多量小菇，其菇體品質低劣，價格低，有時再加上出菇室內之新鮮空氣不足時，瓶口之菌絲層或組織會黃化，小菇會死亡或產生有異味之褐色水滴，影響出菇，且易受木黴之侵害[3]。菌傘表面若有水滯留，常會形成外觀醜陋之疣狀突起，影響菇體品質[3]。如水源不潔時，成菇有時會發生由細菌引起之軟腐病徵，而菇蕾階段受感染時，則完全無法形成小菇，且會產生惡臭[3]。出菇期間若採用離心式噴霧機加溼，因所產生霧水顆粒粗，易滯留於菇體或出菇表面，而產生以上不利狀況。惟採用超音波加溼，適當使用可改善離心式加溼之缺點。採用超音波加溼時，可利用價格較便宜之定時器，以控制噴霧時間來控制出菇室之溼度，也可利用感應式溼度控制器以控制出菇室之溼度。惟超音波加溼器本身價格

1.行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2036號。

2.本所植物病理系研究員、約僱助理及約僱助理。台灣省　台中縣　霧峰鄉。

貴，能耐高溼度之溼度感應控制器價格亦貴。又杏鮑菇栽培用菌種瓶以人工去皮或機械去皮後，瓶口蓋回瓶蓋至瓶口菌絲層出現水滴或菇蕾時開蓋，可提高出菇整齊度，但同時也會增加栽培作業成本。本研究在於探討杏鮑菇栽培用菌種以機械自動化去皮後，在加蓋或不加蓋時，定時加溼或感應加溼對杏鮑菇產量，生物效率，去皮至採收開始日數，採收第一周期菇90％產量及採收完成所須時間之影響，以做爲提昇杏鮑菇瓶栽自動化生產技術之依據。

材料與方法

一、供試杏鮑菇品系：本研究所採用之杏鮑菇品系爲自美國引進之ATCC 36047。以馬鈴薯洋菜培養基做定期培養，並以液氮保存。

二、供試木屑原種之製作：供自動化接種機大量接種所使用之原種，採用山黃麻木屑爲原料，其配方與製作方法與"三"之栽培用菌種完全相同。

三、栽培用菌種之配方及製作：供出菇生產之栽培用菌種，採用山黃麻木屑爲原料，經加水堆積4個月，其間每月翻堆兩次，用以製作菌種前一天再充分翻堆混合一次，並經電動篩選機除去混雜其中之木塊或木片後，輸送至木屑儲存槽備用。前述木屑原種或栽培用菌種之栽培基質原料乾重比爲麥麩：米糠：木屑＝35：20：45，使用麥麩169.2公斤(含水量11.87％)，米糠97.4公斤(含水量12.87％)及山黃麻木屑420公斤(含水量54.52％)。以上基質原料經添加碳酸鈣4.2公斤，並將基質含水量加水調整於63％後，以混合機(廣太源廠)充分混合均勻，利用輸送帶輸送至全自動裝瓶機(協全KPAC-50-2型)，自動裝填基質，壓緊，打洞及封蓋。該機器之操作每次12個栽培瓶(1100 ml/瓶)，機器經調整使每栽培瓶大致含有相同重量及體積之基質，以上所使用之基質原料共裝填1638瓶，平均每瓶基質乾重爲258.99公克。裝填好基質之栽培瓶則移入可電腦自動化控制殺菌過程之殺菌釜(廣太源廠)殺菌，栽培瓶內基質中心溫度達122℃時保持45分鐘後，停止供應蒸氣並保持30分鐘後排氣減壓。殺菌完成後移入具有無菌無塵過濾裝置及紫外線燈之冷卻室冷卻，隔夜後，以輸送帶移入裝設無菌無塵過濾器及紫外線與臭氧殺菌裝置之無菌室，以自動化接種機(協全RS-2000型)接種，所使用之原種爲山黃麻木屑菌種。接種後以輸送帶輸入菌種培養室，溫度設定於18.5～20℃，木屑原種培養30天，而栽培用菌種培養42天，在無光照下培養。

四、栽培用菌種之出菇及採收：栽培用菌種製妥後，於去皮前先開蓋檢查瓶內基質有無雜菌，並選取無任何雜菌污染之菌種，以自動化去皮設備(廣太源廠)做完全去皮(即挖除瓶口約1公分深之基質與所接原種之操作)後，將同數量栽培用菌種瓶移入裝設超音波加溼器之兩出菇室A與B。A出菇室之加溼以定時器控制，降溫出菇期間每隔2小時加溼15分鐘，B出菇室之溼度以溼度感控制器控制，設定出菇室加溼溼度範圍爲RH 92～96％，兩出菇室之溫度從降溫出菇至採收結束控制於14.0～15.3℃。以上每出菇室之栽培用菌種，分去皮後加瓶蓋與不加瓶蓋兩種處理，其中加蓋處理者，於瓶口菌絲層出現水滴時除蓋。每種加溼方式與瓶口處理各有8個重覆，每重覆各有36個栽培用菌種瓶(即每框12瓶共3框)，採逢機排列。菇體在菌傘邊緣未反捲前即予採收，所有處理均僅採收一次。各加溼方式與瓶口處理之生物效率計算爲每處理所得每瓶平均產量除以菌種製作時，每瓶之基質平均乾重，所得之百分比。

結果與討論

從去皮當日起第9天內，採用定時加溼之A出菇室，其溼度範圍爲RH 99～100％，溫度爲14.0～14.7℃，而採用感應控制加溼之B出菇室，其溼度範圍爲88～97％，溫度爲14.4～15.1℃。從第9天起至開始採收(A室平均第20天，B室平均第19天)期間，A與B兩室之溼度範圍爲RH 96～100％，A室之溫度爲13.0～15.3℃，B室之溫度爲13.8～15.2℃。從開始採收至採收結束，A與B兩室之溼

度範圍同爲 RH 97～100％，A室溫度爲15.1～15.4℃，而B室爲溫度爲14.8～15.4℃。A與B室之二氧化碳之濃度自去皮至採收結束以熱交換機均控制於950ppm以下。

在同爲定時加溼之A出菇室，瓶口在去皮後不蓋回瓶蓋之處理，其採收一次之平均產量與生物效率均較去皮後加蓋者爲高，其差異達5％之顯著水準。兩處理從去皮當日起至開始採收之時間平均都是20天，但採收90％產量所須時間及採收完成與接種至採收90％產量所須時間，不加蓋者均低於加蓋者，其差異達5％顯著水準(表1)。此可能因爲A出菇室所設定之超音波加溼間隔與加溼時間，在去皮當日起第9天內，造成出菇室之空氣溼度較高，在不加蓋情況下，栽培用菌種在去皮後，瓶口菌種表面與超音波加溼器所噴出之超細霧狀水粒子直接接觸，導致去皮後之菌種表面新菌絲層形成快，但因不加蓋，瓶口菌絲層表面之二氧化碳濃度與栽培室內之二氧化碳濃度接近，而此濃度又在適合杏鮑菇菇蕾發生之範圍內，即Cailleux 與 Diop兩氏(1974)[5]所報告之1000至1500ppm，菌絲多呈平伏粉狀緻密生長，鮮有氣生菌絲之形成，有利加速水滴出現與菇蕾及幼菇之形成(圖1左)及出菇之均勻性(圖2a)，而加蓋者由於出菇室在高空氣溼度狀態下，瓶內溼度亦高，且因加蓋導致瓶內二氧化碳濃度之積聚與溼度之提高，以致去皮後瓶口菌種基質表面之菌絲生長快而過於旺盛，氣生菌絲多，不利於菇蕾之形成(圖1右)，致出現水滴、菇蕾慢，而形成幼菇時間延遲且出菇不均勻(圖2b)，此現象與Cailleux與 Diop(1974)[5]兩氏對杏鮑菇出菇與環境條件之關係所做之研究結果相符合，並與其他學者對其他蠔菇類物種出菇與環境條件關係研究所得結論相同(Zadražil,1978)[6]。

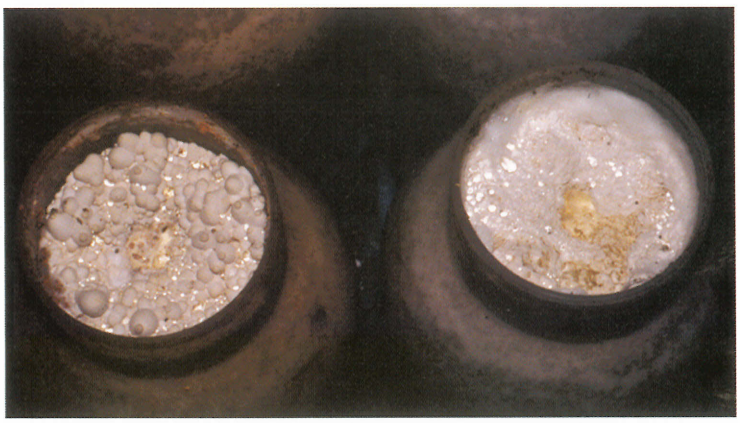


圖1. 採用定時加溼之栽培用菌種瓶於去皮後不加蓋(左)及加蓋(右)之瓶口新菌絲層形成菇蕾或幼菇之情形，不加蓋者形成緻密菌絲層後直接形成菇蕾，而加蓋者形成氣生菌絲後再形成緻密菌絲組織層，而後才形成菇蕾。

Fig. 1. Fructification on the new mycelial layer in the cultivation spawn bottles which were un-capped(left) or capped(right) after bottle neck treatment. The bottles were in the cropping room of which operation of humidificatin was controlled by timer.

在採用溼度感應控制加溼之B出菇室，去皮後蓋回瓶蓋雖會導致瓶內二氧化碳濃度及相對溼度之增高，但因去皮當日起9天內，出菇室內之空氣溼度較定時加溼者爲低，以致瓶內積聚之水氣較容易釋出瓶外減少積聚，相對溼度較低，瓶口內菌種基質新表面菌絲之生長不致過於旺盛而產生太多之氣生菌絲，而呈平伏緻密狀生長，有利於水滴與菇蕾之形成及其均一性，因而獲得較整齊之出菇(圖3b)，其產量與生物效率較不加蓋者略高，但差異不顯著，其去皮至開始採收，完成所有採收及接種至完成採收90％產量所須時間均較不加蓋者略少，但差異亦未達5％顯著水準，惟其中僅採收90％產量所須日數之差異達5％顯著水準。以上出菇之整齊性可由完成採收90％及全部產量所須時間顯示出

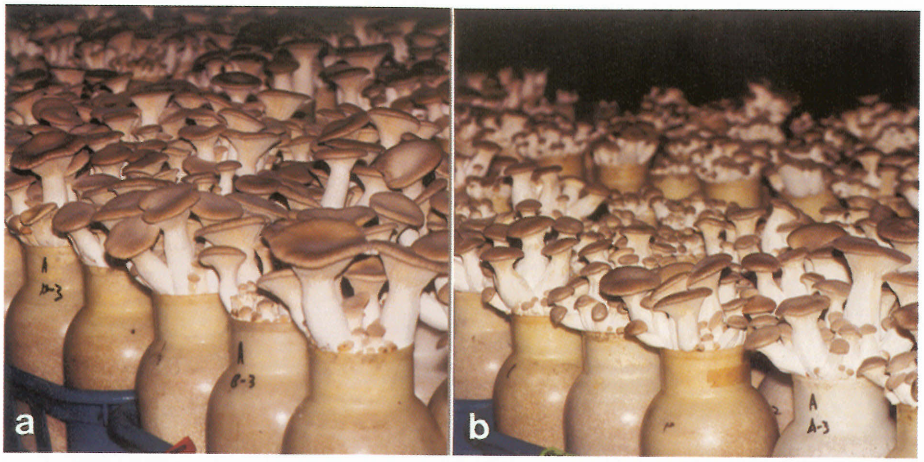


圖2a-b. 採用定時加溼之栽培用菌種於去皮後不加蓋(a)及加蓋(b)之瓶口出菇情形。

Fig. 2a-b. Development of fruiting bodies in the cultivation spawn bottles which were un-capped(a) or capped(b) after bottle neck treatment. The bottles were in the cropping room of which operation of humidificatin was controlled by timer.

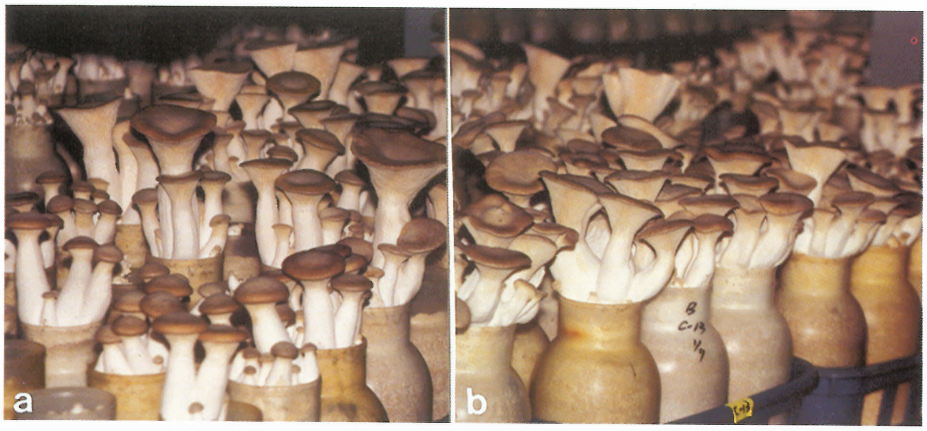


圖3a-b. 採用感應加溼之栽培用菌種於去皮後不加蓋(a)及加蓋(b)之瓶口出菇情形。

Fig. 3a-b. Development of fruiting bodies in the cultivation spawn bottles which were un-capped(a) or capped(b) after bottle neck treatment. The bottles were in the cropping room of which operation of humidificatin was controlled by a humidity controller.

來，整齊性較高者所須時間就較短。不加蓋者在空氣相對溼度較低條件下，去皮後之基質表面新菌絲層形成較慢且易受木黴菌之感染，出菇之整齊度較差(圖3a)，此可由採收時間之延長可知。

在同爲去皮後加瓶蓋情形下，感應加溼者之產量與生物效率較定時加溼者爲高，且達5％之顯著水準，而去皮至開始採收所須時間則短，其差異且達5％之顯著水準(表1)，此項差異乃可能因爲定時加溼時，加蓋導致幼菇形成延遲與出菇之不均勻性及感應加溼時，加蓋有利出菇之均勻性所致，如前段之說明，惟部份可能因爲採用定時加溼之出菇室溫度從去皮當日起至開始採收期間較感應加溼之出菇室略低之緣故，但採收90％產量、採收完成及接種至採收90％產量所須時間則無顯著之差異。在同

表1. 加溼控制方法對杏鮑菇瓶栽自動化生產之影響[z]

Table 1. Effect of two different methods for controlling humification on the production of *P. eryngii* using bottle cultivation technology[z].

Control of humidification with	Capping treatment after BNT	Yield (g/36bottles)	B.E	Interval between 1st picking and starting	cooling	Days for finishing the harvest of 90% of yield	Days for finishing the harvest of whole crop
Timer	Capped	5783.4 c	62.07 c	20.0 a	4.13 b	5.75 b	57.13 a
	Un-capped	6079.3 b	65.21 b	20.0 a	2.00 c	3.00 c	55.00 b
Humidity controller	Capped	6490.8 a	69.62 a	19.0 b	4.13 b	6.88ab	56.13 a
	Un-capped	6265.4 ab	67.06 ab	19.1 b	4.75 a	8.13 a	57.88 a

[z] The substrate consisted of 35% of wheat bran, 20% of rice bran and 45% of sawdust from *Trema orientalis* by dry weight with a water content of 63%. All inoculated substrates were incubated at 18.5 to 20.5 ℃ for 42 days. Before reducing temperature for fruiting, the top one cm layer of substrate in each bottle was removed mechanically by an automatic machine. This treatment was called "bottle neck treatment(BNT). Operation of supersonic humidifier was controlled with a timer or with a humidity controller in two different cropping rooms. In the former case the humidifier was set to operate for 15 minutes in each 2 hrs, while in the latter the relative humidity of cropping room was set at 92 to 96%. Temperatures of the two cropping rooms were controlled at 14 to 15.3 ℃ during cropping. After BNT half of the bottles in each room were capped again. Each controlling method of humidification had 8 replicates for each capping treatment. These replicates were arranged by random, each replicate consisted of 36 plastic bottles(1100ml/bottle).

Means in the same column not followed by the same letter are significantly different at the 0.05 probability level(Duncan's multiple range test).

爲去皮後不加瓶蓋情形，雖然感應加溼處理之產量與生物效率均較定時加溼處理爲高，但未達5%顯著水準，且後者之出菇室從去皮當日起至開始採收期間之溫度均較前者爲低，而採收90%產量，採收完成及接種至採收90%產量所須時間均較前者爲少，其差異均達5%之顯著水準。因此栽培杏鮑菇時，於栽培用菌種去皮後不蓋回瓶蓋，並採用超音波噴霧機，利用定時器控制加溼時間以調節出菇室之溼度，非但可降低設備投資，減少去皮後加蓋之栽培作業成本，且可縮短栽培期間，增加出菇室利用效率，並可減少能源消耗，降低生產成本，是栽培杏鮑菇時值得推薦之加溼方式。惟定時加溼時之加溼間隔時間之長短及加溼時間之設定須視引入外氣之相對溼度，超音波加溼機之加溼能力及菇體生長不同階段而定，方能獲得理想之出菇均勻度及適當之菇體大小。

誌 謝

本研究承蒙行政院農業委員會補助經費(85科技1.4-糧-40-(9))，特表謝忱。

引用文獻

1. 彭金騰。1993。杏鮑菇栽培技術簡介. 22pp.行政院農業委員會與臺灣省政府農林廳編印。
2. 彭金騰。1995。杏鮑菇生產自動化之研究。八十三年度臺灣農業試驗研究成果年報 pp.88-89。臺灣省政府農林廳編印。
3. 彭金騰。1995。四・杏鮑菇。增修訂再版臺灣農業要覽農作篇(二)pp.503-508。豐年社・臺北。
4. 彭金騰。1996。杏鮑菇自動化生產之研究。中華民國農業科技研究成果pp.135-137。行政院農業委員會編印。
5. Cailleux, R., and A. Diop. 1974. Recherches expérimentales sur les conditions D'ambiance requises pour la fructification du *Pleurotus eryngii* et de L'*Agrocybe aegerita*. Mushroom Sci. 9(Part 1):607-619.
6. Zadražil, F. 1978. Cultivation of Pleurotus. pp.521-557. In:The Biology and Cultivation of Edible Mushroom. (Chang, S. T., and W.A. Hayes, eds.) Academic Press. New York. San Francisco. London.

Effect of Different Methods for Controlling Humidification on the Production of *Pleurotus eryngii* Using Bottle Cultivation Technology[1]

Jin-Torng Peng, Min-Cong Dai and Yin-Fang Tsai[2]

Summary

Study on the effect of two different methods for controlling humidification on the production of the king oyster mushroom【*Pleurotus eryngii* (DC.:Fr.) Quél.】was conducted. When the cultivation spawn bottles were not capped after bottle neck treatment and supersonic humidifier was used, no significant differences in both yield and biological efficiency were found between controlling the operation of the humifier with a timer and with a humidity controller installed with a humidity sensor. In addition, the interval between bottle neck treatment and harvesting 90% or all of the first flush mushrooms were significantly shorten in the former method. It is recommended that for the bottle cultivation of the king oyster mushroom the operation of supersonic humidifier can be inexpensively controlled with a timer to adjust the interval and length of time of humidification.

Key words : *Pleurotus eryngii*, Controlling method of humification, Bottle cultivation, Production

---

1. Contribution No.2036 from Taiwan Agricultural Research Institute. This research was financially sponsored by Council of Agriculture.

2. Senior plant pathologist , project assistant and project assistant, Department of Plant Pathology, TARI, Wu-feng, Taichung, Taiwan, ROC.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(3): 60～67 (2000)

Effect of Rice Bran on the Production of Different King Oyster Mushroom Strains During Bottle Cultivation[1]

Jin-Torng Peng, Chien-Ming Lee and Yin-Fung Tsai[2]

Abstract: The effect of rice bran supplementation on the production of two king oyster mushroom strains was investigated in order to recommend the optimum and economic amount of rice bran for growing the mushroom to Pleurotus mushroom growers in Taiwan. The average yield, biological efficiency (B.E.) and production efficiency (P.E.) of the strain ATCC 36047 increased significantly with the supplementation of rice bran to substrate from 0 to 47.95% by weight of dry matter. The B.E. and P.E. of the strain Holland 150 reached the highest level when the rice bran was added up to 38.08%, but decreased significantly when the supplementation was up to 47.95%. These results show that different king oyster mushroom strains response differently to the supplementation amount of rice bran and might indicate that the strain ATCC 36047 necessitate a great supply of some ingredients in rice bran to increase its B.E. and P.E. In consideration of the capacity of cropping room, productivity of cultivation spawn and mushroom production cost the most optimum and economic amout of rice bran in substrate would be about 48% and 38% for the strains ATCC 36047 and Holland 150 respectively..

Key words: Rice bran, Production, King oyster mushroom, Bottle cultivation

INTRODUCTION

In the recent years the king oyster mushroom, *Pleurotus eryngii* (DC.:Fr.) Quél., has been commercially grown in Taiwan and Japan, and on a small scale in U. S. A. due to its excellent texture of both pileus and stipe[2, 4, 8, 9]. In the former two countries bottle cultivation technology is the most popularly adopted for growing this new Pleurotus species owing to its suitability for a high degree of automatic operations during cultivation. Various basic raw materials or nutritive supplements have been tried to cultivate or to increase the productivity of this mushroom[3, 5, 6, 7, 9, 10]. However, rice bran is the most popular and available organic additive in the substrates for growing a number of edible mushrooms in Taiwan. In order to know the most optimum and economic amount of rice bran in the substrate for the cultivation of the king oyster mushroom, investigation on

1.Contribution No.2037 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2.Senior plant pathologist, project assistant and project assistant, Department of Plant Pathology, TARI, Wu-feng, Taichung, Taiwan, ROC.

the effect of rice bran on the production of this mushroom was conducted and described.

MATERIALS AND METHODS

Strains of the king oyster mushroom

Strains ATCC 36047 and Holland 150 were used in this investigation. They were maintained on PDA for regular subculturing and stored in liquid nitrogen for a long term storage.

Preparation of original and mother spawn

Sawdust from *Trema orientalis* (Linn.) Bume was mixed with 40% of rice bran by weight and the water content of the mixture was adjusted at ca. 63% and its acidity was adjusted at pH 6.5 with calcium carbonate. The mixture was then filled into 200ml flask and sterilized at 121 ℃ for 30 minutes. After cooling down to room temperature the sterilized substrate was inoculated with the mycelium on agar slant of each king oyster mushroom strain and incubated at 25 ℃ for about 25days. When the mycelium has grown throughout the sawdust substrate in flask, such sawdust culture is called original spawn which can be used to inoculate mother spawn. The mother spawn has the same ingredients of raw material as orignial spawn, however the substrate was filled in 1100 ml polypropane plastic bottle and sterilized at 121 ℃ for 45 minutes.

Preparation of cultivation spawn for fruiting

Sawdust from *Trema orientalis* was used as basic raw material to which different amount of rice bran was added from 0 to 47.95% by weight of dry matter. The formulas of the substrates and the water contents of the substrates at inoculation and before cropping were shown in Table 1. Substrates were filled into autoclavable polypropane plastic bottles (1100ml) with an automatic filling machine and sterilized at 121 ℃ for 45 minutes. After cooling down to room temperature the sterilized substrates were inoculated with the mother spawns of the strains ATCC 36047 and Holland 150 respectively. The inoculated substrates in bottles were incubated at 18.5 to 20 ℃ for 46 days.

Cropping

After incubation the top layer (ca. 1.5cm in depth) of substrate in each bottle was completely removed by

Table 1. The formulas for studying the effects of the supplementation of rice bran on the production of *Pl. eryngii* using bottle cultivation technology[z].

Substrate.No.	Sawdust		Rice bran		Water content at inoculation (%)	Water content before cropping	
	FW (Kg)	DW (%)	FW (Kg)	DW (%)		Holland 150	ATCC 36047
1	255	100.00	0.0	0.00	73.68	74.52	73.92
2	255	90.70	7.6	9.30	72.76	74.04	73.64
3	255	81.26	17.1	18.74	70.40	71.76	71.68
4	255	71.68	29.3	28.32	69.20	70.20	70.52
5	255	61.92	45.6	38.08	68.00	70.08	69.24
6	255	52.05	68.3	47.95	68.12	69.36	69.80

[z] Sawdusts were derived from *Trema orientalis* and had been heaped for 4 months before use and its average water content was 75.70 % ◦ The average water content of rice bran was 12.30 % ◦ .Each substrate was added with 2.0kg of calcium carbonate. No.5and 6 substrates were added with 31.5 and 75.0Kg of tap water respectively..All components of each substrate were uniformly mixed mechanically. The substrates were filled into 1100 ml autoclavable bottles with an automatic filling machine. FW=Fresh weight, DW=Dry weight.

hand with a special metal spoon (bottle neck treatment, BNT). After bottle neck treatment bottles were capped again before moving to a cropping room. These bottles were uncapped after the appearance of pinheads or small mushrooms. The cropping room was controlled at 15.5 to 17.5 ℃ in temperature, at 85 to 95% of RH and at ca. 250 lux of light intensity. Carbon dioxide concentration was not monitored and controlled instrumentally, but fresh air was introduced intermittently into to the room with heat exchanger.

Harvesting

Mushrooms in each bottle were harvested when the mushroom cap surfaces were flat to slightly up-rolled at the cap margins. One flush of mushrooms in each bottle was harvested. The harvested mushrooms were then weighed for calculating biological and production efficiencies.

Determination of biological and production efficiencies

In order to calculate the biological efficiency (B.E.) and production efficiency (P.E.) the water contents of all the substrates at inoculation and at the end of incubation (before cropping) were measured. Biological and production efficiencies were calculated as following:

Biological efficiency(%)= (the weight of fresh mushrooms harvested ÷ substrate dry matter content before inoculation) X 100

Production efficiency(%) = (the weight of fresh mushrooms harvested ÷ substrate dry matter content before cropping) X 100

Experimental design

The experiment was a completely randomized design with 6 replicates per formula of substrate. Each replicate consisted of 12 bottles of cultivation spawn.

RESULTS AND DISCUSSION

The average yield, B.E. and P.E. of the strain ATCC 36047 increased significantly with the increase of rice bran in substrate from 0 to 9.30, 18.34, 28.32, 38.08 and 47.95% (Table 2). The yield of the strain Holland 150 reached the highest level when the rice bran was added up to 47.95%. This yield was not significantly different from that of the same strain when the supplementation was up to 38.08%. In addition the B.E. and P.E. of the same strain also reached the highest level when the rice bran was added up to 38.08%, but decreased significantly when the supplementation was up to 47.95% (Table 2). Such reduction in productivity may be due to the compactness or poor airation of the substrates, which then results in the inefficient utilization of the nutrients in the substrates. This can also be ascribed to the limitation of spaces or surfaces for the development of fruiting bodies. The above results show that different strains of King oyster mushroom strains response differently to the supplementation amount of rice bran in the aspects of average yield, B.E. and P.E. as reported by Visscher on other Pleurotus species[11]. The yield, B.E. and P.E of the strain ATCC 36047 were apparently lower than those of the strain Holland 150 when grown with the same formula of substrate except the one with the highest level of supplementation of rice bran. This might indicate that the strain ATCC 36047 necessitate a greater supply of some ingredients in rice bran to increase its biological and production efficiencies or its efficiency to utilize the nutrients of substrates is lower than that of the strain Holland 150. What compositions of the rice bran are most important to the productivity of the king oyster mushroom needs to be further investigated.

According to the above results the optimum amount of supplementation of rice bran in substrate for the strain ATCC 36047 would be apparantly about 48% by the weight of dry matter. In consideration the capacity

Table 2. Effect of supplementation of rice bran on the production of the two strains of *Pleurotus eryngii*, Holland 150 and ATCC 36047[z].

Rice bran supplemented (%)	Yield(g/12bottles)		Biological efficiency(%)		Production efficiency(%)	
	Holland 150	ATCC 36047	Holland 150	ATCC 36047	Holland 150	ATCC 36047
0.00	173.00 e	67.67 f	10.77 e	4.25 f	11.74 e	4.50 f
9.30	747.33 d	471.83 e	42.23 d	26.54 e	46.80 d	28.94 e
18.34	1444.00 c	1022.00 d	72.52 c	50.85 d	80.66 c	55.46 d
28.32	1790.17 b	1350.50 c	85.32 ab	62.28 c	92.49 ab	69.24 c
38.08	2117.33 a	1809.33 b	86.74 a	73.97 b	97.05 a	79.86 b
47.95	2198.00 a	2207.00 a	81.15 b	82.68 a	87.91 b	90.00 a

[z] The formulas of all substrates and the water contents of these substrates at inoculation and before fruiting were shown in Table 1. All plastic bottles with substrate were weighed and recorded both after inoculation and before cropping. All inoculated substrates were incubated at 18.5 ~ 20.5 ℃ for 46 days. Before cropping the top layer(ca. one cm deep) of the substrate in each bottle was removed completely by a special metal spoon. This treatment is called "bottle neck treatment(BNT)". The cropping room was controlled at 15.5 ~ 17.5 ℃ in temperature, 85 ~ 95 % in RH and ca 250 lux in light intensity from reducing temperature for fruiting to the end of crop. Fresh air was introduced with heat exchanger. Each formula of substrate had 6 replicates which were arranged by random, each replicate consisted of 12 bottles of cultivation spawn(1100 ml/bottle). Calculation of biological and production efficiencies are shown in text.
Means in the same column not followed by the same letter or letters are significantly different at the 5% probability level (Duncan's multiple range test).

of cropping room, productivity of cultivation spawn and production cost the most optimum and economic amount of supplementation of rice bran in substrate would be about 38% for the strain Holland 150 although both B.E. and P.E. of the strain were not significantly different between the supplementation of rice bran up to 28.32% and that up to 38.08%. The appearances of the fruiting bodies produced by the strain Holland 150 grown on the susbrates of all the six formulas were excellent with a long smooth stipe and a small cap being suitable for packing (Fig.2a-f). The fruiting bodies produced by the strain ATCC 36047 on the substrates with the supplementation of rice bran from 9.30 to 38.08% were also good for packing (Fig.1b-e), while those produced by the same strain on the substrate with 47.95% of rice bran were poor in quality with a large cap and an irregular stipe (Fig.1f). Large caps are easily to be broken during packing resulting in low quaulity of the product. This might be improved by reducing the content of rice bran in substrate to reduce the number of fruiting bodies in each bottle or by reducing light intensity of the cropping room to reduce the size of cap since light can promote the development of the caps of the king oyster mushroom[1, 12]. This might also be improved by properly increasing the concentration of carbon dioxide in the cropping room because high concentration of the gas promote the elongation of the stipe of the mushroom species[1, 12].

Since the yield, B.E. and P.E. of the two king oyster mushroom strains were very low when grown without rice bran it implies that nutrients for the development of the fruiting bodies of the mushroom species mainly come from the rice bran, but not from the sawdust. Because the yield, B.E and P.E.of the strain Holland 150 were apparently higher than those of the strain ATCC 36047 when grown without rice bran it indicates that the strain Holland 150 has a greater ability to decompose the components of sawdust. The differences in the production and acitivities of the enzymes of the two king oyster mushroom strains for degradation of sawdust need to be studied in detail. Such information would be helpful to the breeding of the mushroom species.



Fig.1a-f. Fruiting bodies of the strain ATCC 36047 grown on the substrates which constisted of 0, 9.30, 18.34, 28.32, 38.08 and 47.95% of rice bran in order.



Fig.2a-f. Fruiting bodies of the strain Holland 150 grown on the substrates which constisted of 0, 9.30, 18.34, 28.32, 38.08 and 47.95% of rice bran in order.

Theoretically it is possible to increase the yield, B.E. and P.E. of the king oyster mushroom by lengthening the incubation time of cultivation spawn. However, practically it is necessary to take into account of the efficient application of growing facilities and energy cost of the lengthened incubation as well as the economic value of the increased yield.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was supported by the Council of Agriculture, Executive Yuan, Republic of China under project No.84 - AAP - FAD - 05 (5).

REFERENCES

1. Cailleux, R., and A. Diop. 1974. Recherches expérimentales sur les conditions D'ambiance requises pour la fructification du *Pleurotus eryngii* et de L'*Agrocybe aegerita*. Mushroom Sci. 9(Part 1):607-619
2. Eguchi, F., Y. Watanabe, K. Sudo, and M. Higaki. 1999. Pharmacological effects of *Pleurotus eryngii* on the hyperlipemia. pp. 333-339. In: Proceedings of 3rd International Conference on Mushroom Biology & Mushroom Products and AMGA's 26th National Mushroom Industry Conference. Eds. Broderick, A., and T. Nair. University of Western Stdney, Hawkesbury.
3. Olivier, J. M., J. M. Savoie, J. Guinberteau, T. Rousseau, and M. mamoun. 1999. Production of edible mushrooms: Progress report on the cooperation programs between TARI and INRA and some related researches in INRA. pp. 273-283.In: Symposium INRA/COA on Scientific Cooperation in Agriculture, Toulouse(France), 1999, April 19-20.
4. Peng, J. T. 1996a. Research on the automatic production of *Pleurotus eryngii* (DC.:Fr.) Quél.(in Chinese), pp.89-91. In: A Report on Agricultural Research in the Republic of China on Taiwan (Crops) 1992-1996, Council of Agriculture, Executive Yuan, ROC.
5. Peng, J. T. 1996b. The cultivation of *Pleurotus eryngii* (DC.:Fr.) Quél. on rice straw substrate. Jour. Agric. Res. China 45:382-387.
6. Peng, J. T. 1996c. Preliminary studies on the cultivation of *Pleurotus eryngii* (DC.:Fr.) Quél. on sawdust filled in polypropylene bags. Jour. Agric. Res. China 45:388-392.
7. Peng, J. T. 1997. Study on the effects of single and mixed sawdusts of different origins on the production of *Pleurotus eryngii*. Jour. Agric. Res. China 46:51-59.
8. Peng, J. T. 1998. Research on the automatic production of king oyster mushroom(in Chinese). pp.44-46. In:Proceedings of 1998 Agricultural Science and Technology Exhibition. Council of Agriculture, Executive Yuan, ROC.
9. Royse, D. J. 1999. Yield stimulation of king oyster mushroom, *Pleurotus eryngii*, by brewer's grain & SpawnMate IISE supplementation of cottonseed Hull & wood chip substrates. Mushroom News 47:4-8.
10. Sohi, H. S., and R. C. Upadhyay. 1989. Effect of temperature on mycelial growth of *Pleurotus* species and their yield performances on selected substrates. Mushroom Sci. 12(Part 2):49-56.
11. Visscher, H. R. 1989. Supplementation of the substrate for *Pleurotus*-species at filling. Mushroom Sci. 12(Part 2):229-240.
12. Zadražil, F. 1978. Cultivation of Pleurotus. pp.521-557. In: The Biology and Cultiation of Edible Mushroom.(Chang, S. T., and W. A. Hayes, eds.) Academic Press. New York. San Francisco. London.

米糠對不同杏鮑菇品系瓶栽自動化生產之影響[1]

彭金騰　李建民　蔡英芳[2]

摘要

爲向本省菇農推薦杏鮑菇瓶栽自動化生產最適與最經濟之米糠用量，遂進行本試驗研究。研究結果顯示，當基質內之米糠量由0增至47.95%時，杏鮑菇ATCC 36047品系之產量、生物與產菇效率均隨米糠量增加而顯著提高；至於Holland 150品系之生物與產菇效率則當米糠填加至38.08%時，達到最高，若米糠量增至47.95%時，則反而顯著下降。此結果顯示不同杏鮑菇品系對米糠填加量之反應不同，其中ATCC 36047品系較Holland 150品系需要更多米糠之某種成份以發揮其最大之生物與產菇效率。考量杏鮑菇栽培庫之容量、每瓶栽培用菌種之生產力及杏鮑菇之生產成本，杏鮑菇瓶栽自動化生產時最適及最經濟之基質米糠建議使用量，對ATCC 36047及Holland 150兩品系分別爲約基質乾重之48%與38.08%。

關鍵詞：米糠、杏鮑菇、瓶栽自動化、生產。

1.行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2037號

2.本所植物病理系研究員、約僱助理及約僱助理。台灣省　台中縣　霧峰鄉。

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(3): 68～81 (2000)

香菇切柄機之研製[1]

梁連勝、黃國祥、周廷弘[2]

摘要：香菇切柄機之設計包含單一化處理、自動定向及迴轉切刀等三項主要處理單元。單一化處理單元爲速比1：2：4之三層式增速輸送帶分離裝置，香菇由上層輸送帶落至下層輸送帶之過程產生距離放大，於輸送流程中香菇個體自然分離。自動定向單元，係藉左右兩條輸送帶對稱且個別皮帶前、後輸送帶輪軸向位置及俯角變化，造成輸送帶平面間產生漸開式之間隙且立體扭轉構成v型支撐空間，菇體於其空間達到穩定平衡，菇柄朝下，且菇傘底平貼於輸送帶上，再由裝置於輸送帶下方之迴轉切刀單元切除菇柄，而此迴轉切刀單元僅由4個螺桿承載於機身可簡易的調整切柄高度。

試驗顯示，自動定向單元單獨作業之切柄成功率可達85%以上，但是整機作業時，單一化處理供料不均，及自動定向時香菇相對於落點之負位移，影響處理量及切柄成功率甚巨。所以研製成之切柄機，若不計算由定向皮帶間隙選別掉落之小型香菇，目前本機連續作業最佳切柄成功率82%，每分鐘86個香菇完全切柄成功，若進一步試驗改良單一化處理及自動定向單元之搭配則其處理香菇之量能仍可再提昇。

關鍵詞：香菇、自動定向、切柄機。

前　言

太空包香菇之生產[8, 9]爲目前本省設施栽培獲利較高且較穩定之產業，唯近年來受走私大陸香菇之影響，業者獲利遭到相當之衝擊；爲重振省產香菇之『市場競爭優勢』，自救之道唯有提高品質與降低生產成本一途。爲配合本省香菇以鮮銷與乾燥後銷售之產銷型態，香菇菇柄之處理，因消費型態而異。鮮銷香菇以留柄與切柄兩種產品型態在市場上出現，而其切柄作業目前仍以人工爲主，或以半機械化作業來完成。至於乾燥香菇，近年來業者爲提高品質，有採行乾菇機械分級作業及乾燥前先分級兩類型；爲順利完成分級之作業目標，香菇於分級前必須先切柄，否則菇柄的扭曲外形，致使分級作業發生糾纏與阻塞。菇柄之剪除處理，雖可在蕈體乾燥前、後以人工完成；然而若在乾燥後再行剪除菇柄時，因菇柄堅硬不易剪除而更費工。目前栽培業者已傾向於鮮菇採收後，採用先切柄再乾燥之調製處理流程；而切柄作業除以人工剪柄作業外，爲降低處理費用，業者以四至六人一組，將蕈體排列在輸送帶上進行機械切柄。該切柄之作業方式爲工人分立簡易切柄機之兩側，並自輸送帶上將蕈體以菇柄朝下進行單一化、定向供料插入兩輸送帶之間隙，經此定向排列之菇體被輸送帶運送至迴轉切刀組完成切柄作業。此種由人工定位排列後切柄之作業方式，雖可獲致減少作業人力需求並使切柄連續進行之效益，但需用人工仍多，人工之辛勞度仍大，在香菇盛產期或栽培面積大之菇場，尖峰之勞力供需爲業者與本產業帶來致命之衝擊。因此，菇農對需用人力較少，可自動單一化供料、自動定向之切柄機，仍殷切地期望能開發成功。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2038號。

2. 本所農業工程系研究員兼主任、助理、助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

爲達成降低生產成本與提高品質之生產目標，鮮菇之切柄[15]作業必須設法予以機械化；同時乾燥前先行切柄之鮮菇，其乾燥作業時程較短，無形中減少可觀之乾燥加工費用[1]。換言之；香菇去柄機之開發，爲當前本省香菇產業佳績再創之契機。

由於本省香菇經濟栽培歷時尚短，在菇農未以太空包大量栽培前，以人工進行香菇之切柄作業尚感游刃有餘，對切柄機之需求並不殷切，可供參考之文獻篇章幾付闕如。惟考自經濟部中央標準局之專利公報中，針對香菇或其他菇類切柄機之相關專利發明文獻，大約有十餘篇；其中應用於洋菇以浸水方式供料之機構裝置對香菇之生鮮銷售或剪柄後乾燥而言，並不適用[10, 14]。進料機構有採用振動設計者[3, 7, 16]，亦有以人工排列者[12, 4]，前者對脆弱之香菇蕈體，實不相宜；而後者之作業效率則偏低。菇體之輸送有採用平面輸送帶，或其他材料者[2, 7, 13]；至於切柄裝置則多半應用迴轉刀[2, 3, 4, 5, 7, 12]或帶鋸[6]兩種型式，以使用迴轉刀爲切柄機構者較眾。然而無單一化供料及自動定向定位機構，此迴轉刀仍須由人工供料。

因之香菇切柄機之研製，旨在使切柄作業不須藉由人工將整批的香菇分開來以達到單一化，且不須由人工將香菇個別的定向，而是由機械處理整批的香菇使成單一化，再由機械將單一化的香菇自動定向，期於切柄前完成定位，獲得均一的留柄長度，達成機械自動切柄的目標。

材料與方法

一、多層速度差輸送原理

限量供料，設爲第0層輸送帶每分鐘輸送N個香菇，輸送帶水平速度爲V_0cm/min此一連串輸送的香菇落至第一層輸送帶速度V_1，又經過一段穩定輸送落至第二層輸送帶，速度爲V_2，通經過一段穩定輸送落至第三層輸送帶，速度爲V_3，以此類推至第n層輸送帶，速度爲V_n，則每個香菇間距爲：

第0層皮帶間距$D_0 = V_0/N$

第1層皮帶間距$D_1 = V_0/N \times V_1/V_0 = V_1/N$

第2層皮帶間距$D_2 = V_1/N \times V_2/V_1 = V_2/N$

：

第n層皮帶間距$D_n = V_{n-1}/N \times V_n/V_{n-1} = V_n/N$

以多層次速度差之結果，每個香菇距離爲最終輸送帶水平速度/每分鐘供料數。此種方式可以將香菇單一化，且拉開距離使其有定向處理之間隔，但實際上將成糾纏狀況的香菇限量取出，D_0不可能是均勻間隔，所以多層輸送帶必須兼具均化間隔作用，其方法可使用狹小通道方式，使香菇相互排擠佔據輸送帶空間以達成。若無均化間隔之作用，則有如僅使用第0層輸送帶直接供料至第n層輸送帶，香菇間隔仍會不均。

二、自動定向原理

幾何外型相似的物體，可依其形狀訂定有方向之主軸，將每一個物體的主軸，朝向同一方向，此種作業謂之定向；正常無曲柄香菇依其外型可以將菇柄定爲Z_1軸，往菇傘方向爲正Z_1，往菇腳方向爲負Z_1，菇傘底平面正好與$X_1 - Y_1$平面平行。此定義於香菇上的座標稱爲移動參考座標(moving frame of reference)，而香菇定向的目標在於使任意方向的移動參考座標Z_1軸方向與固定參考座標(fixed frame of reference)Z軸方向相同。

本研究嚐試利用香菇重心與外表性質，而定向座標Z軸，應爲地球平面鉛直方向，向上爲正Z，向下爲負Z。定向機構爲兩對稱輸送帶，於是定義輸送帶行進方向爲X軸，兩輸送帶傾斜對稱於Z軸。於是定向輸送帶由X軸觀看爲V形，其形狀如圖1所示。

由另一視角觀看香菇於定向輸送帶所構成V形支撐空間上之狀況，如圖2所示，且假設香菇本身移動參考座標之$X_1 - Z_1$平面與固定參考座標$X - Z$平面平行且位於兩輸送帶傾斜對稱軸之位置，香菇

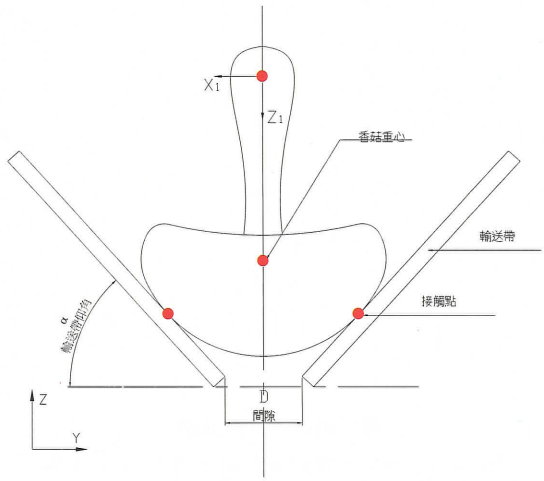


圖1. 輸送帶V形空間對香菇支撐示意圖

Fig. 1. The shiitake being supported on the V-shaped conveyor.

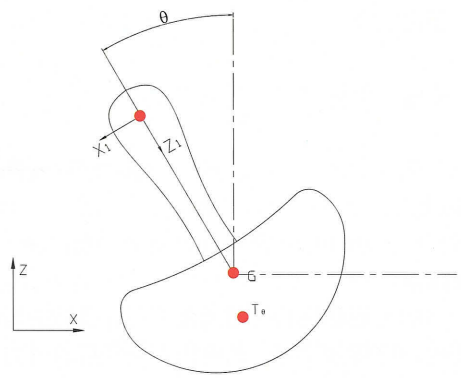


圖2. 香菇在V形空間偏斜 θ 角之XZ平面視圖

Fig. 2. The plane view of the shiitake inclined at a θ angle on the XZ plane.

Z_1 軸負方向與Z軸成 θ 角。在任何 θ 值之接觸點定義爲 T_θ，不同的 θ 值，將有不同的接觸點，香菇於V形支撐空間上因重心點與接觸點不在同一鉛直線上，香菇因重力作用，將以兩端接觸點構成瞬時旋轉軸而旋轉，θ 值亦因旋轉而改變，接觸點構成的瞬時旋轉軸亦改變，直到平衡而靜止。因香菇傘之幾何形狀類似切除一部分的橢圓球體，所以實測各 θ 接觸點構成如圖3所示的曲線軌跡。

重心與接觸點的相對位置，構成香菇旋轉及平衡的效應，所以選取10個冬季生產的直柄香菇，量測其外型尺寸，重心位置，於V形支撐接觸接觸點位置等資料，以分析其狀態。

如表一所示。以香菇 Z_1 軸正向朝上，由 $L_G - L_{180}$ 發現正常型香菇重心位置大致接近 T_{180} 點，且有很高的比例，G點高於 T_{180} 點但高出距離皆很小。

令V爲位能，依據平衡的要件：

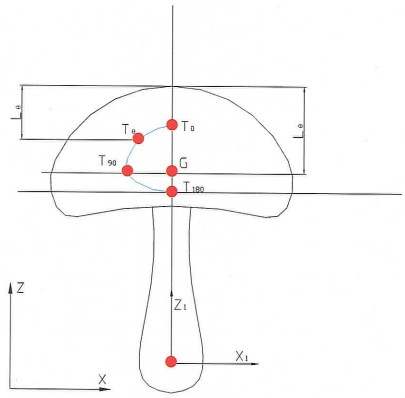


圖3. 瞬時旋轉中心軌跡

Fig. 3. The locus of the instantaneous center of gyration.

G：香菇重心　　L_G：傘頂至重心G之距離

T_θ：θ 角度時瞬時旋轉中心　　L_θ：傘頂至 T_θ 之距離

$$\frac{dv}{d\theta}=0 \quad \frac{d^2v}{d\theta^2}>0\ ,\qquad \text{穩定定衡}$$

$$\frac{dv}{d\theta}=0 \quad \frac{d^2v}{d\theta^2}<0\ ,\qquad \text{不穩定平衡}$$

由圖3顯示 $\theta=0$ 或 $\theta=180$ 時 $dV/d\theta=0$ 但除非重心相當高，否則 $\theta=0$ 是不穩定平衡，$\theta=180$ 時因爲無論重心是在 T_{180} 點的上方或下方，由接觸點的曲線軌跡，$\theta=180$ 時具有位能極小值，亦即 $d^2V/d\theta^2>0$ 爲穩定平衡，顯示香菇旋轉直到菇柄朝下，爲穩定平衡狀態。

然而眞實的定向作業中，香菇移動參考座標之 X_1-Z_1 平面未必與固定參考座標 X－Z 平面平行，此時須加一外力使其修正。另一方面香菇菇柄的旋轉運動可能因菇腳的彎曲而不能鑲入皮帶間隙，則應該增加另一種外力輔助菇柄繞瞬時旋轉軸旋轉，此兩種不同作用的外力，可以採用軟性材料，固定不動，香菇因由輸送帶輸送，自然與其接觸，因相對運動產生撥正作用。

三、處理流程規劃

香菇於人工收穫後，乃是以整箱的型式運送至加工場所，處理切柄卻是要將香菇個別的分開，因切柄機之機構設計必須具備自動供料、單一化、定向、切柄、收集等一連串的連續作業及輸送，其作業流程及配置如圖4所示。

四、機械製作及試驗材料

(一)輸送機及輸送帶：採用食品級輸送帶，因其耐摩擦無皮帶屑末污染，且香菇膠質沾粘易清洗。

(二)動力源：110伏特交流電供應之可調速馬達。

(三)定向單元輸送帶帶輪：直徑70mm尼龍棒車製，因其易加工、不腐蝕、不產生屑末。

(四)多層差速動力聯結材料：以鏈輪及鏈條組成，簡化變速箱結構，且各層間速度之調配及正反轉容易達成。

(五)迴轉切刀材料：不銹鋼刀片及主軸，鋁合金刀座含軸承，食品檢驗合格圓皮帶傳動。

(六)結構材料：25×50mm長方形不銹鋼管與不銹鋼板。

(七)試驗器材：轉速計、角度規、鋼尺、碼錶。

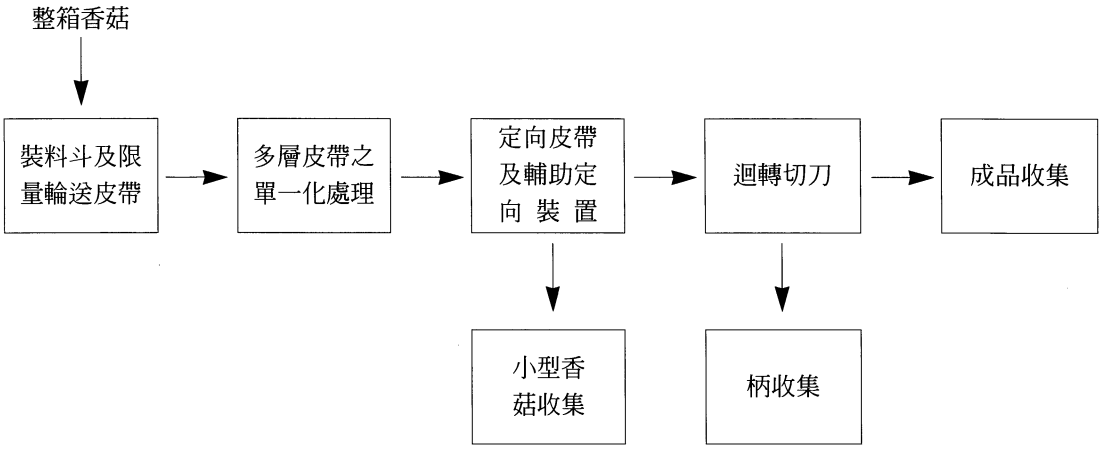


圖4. 香菇切柄機作業流程

Fig. 4. The operational flow chart of the shiitake stalk cutting machine.

結　果

一、香菇蕈體外型對定向功能之影響

由前述定向原理提及香菇重心位置是決定菇體平衡狀態，而影響香菇重心位置之主要因素爲香菇外型之菇傘大小及菇柄尺寸，表一列出隨機選取10個冬季菇柄筆直香菇之實測重心位置、外形大小、於仰角45度對稱v形支撐面之0度、90度、180度瞬時旋轉中心，由其結果顯示香菇重心位置大多是位於90度接觸點所在水平面上下，長柄香菇重心在180度點之下，短柄香菇卻介於90-0度接觸點之間，香菇的不穩定即在於此，在實際的試驗中將隨遇平衡，在受到外力作用時翻轉且因菇柄短整向外力無法作用，所以難以定向。在定向作業過程中，易造成蕈體在輸送帶之漏斗形空間中翻滾。該T_θ點即爲菇體旋轉軸之位置，定向輸送帶縱方向對地傾斜角以不超過5°爲度，以免香菇蕈體在定位過程中

表1. 香菇外型及重心表

Table 1. The shape dimensions and the center of gravity of the shiitakes.

試樣編號 No	菇傘尺寸			菇腳尺寸		0°接觸點	180°接觸點	實測重心
	A_1 mm	A_2 mm	H_1 mm	T_2 mm	H_2 mm	L_0 mm	L_{180} mm	L_G mm
01	71	62	30	14	59	10	27	29
02	74	70	39	14	43	16	35	26
03	72	69	37	10	53	13	34	30
04	70	68	32	16	65	14	29	35
05	56	56	29	12	46	9	27	25
06	45	43	19	10	45	8	17	18
07	41	39	19	8	30	7	17	16
08	40	35	17	7	24	7	15	13
09	82	70	33	17	60	14	30	30
10	51	50	26	10	37	10	24	22
Average	60.2	56.2	28.1	11.8	46.2	10.8	25.5	24.4

[z] 表中各符號之定義，分別參考圖3及圖5。

恆處於滾動旋轉之不穩定狀態。

香菇之菇柄外徑及其筆直或彎曲程度（圖5與圖6），分別關係到香菇在定位作業時，菇體是否順利無礙地被導入二輸送帶之間隙中。而菇柄之外徑大小，直接影響到輸送帶間隙之選擇。本省夏、冬季所產香菇中，以冬菇之菇柄大於夏季菇；而夏季香菇之菇柄彎曲程度遠比冬菇大，如表2、表3及圖5所示。夏季所生產之香菇，其柄筆直度之變異極大，經實際觀察菇體在定向輸送過程中，當菇柄彎

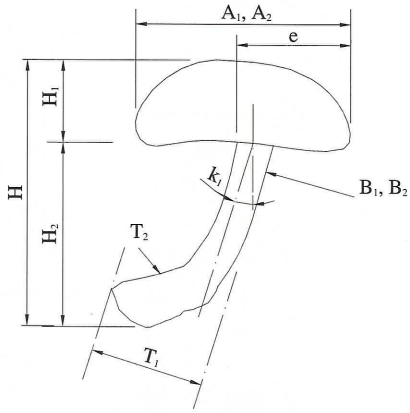


圖5. 香菇蕈體之外形

Fig. 5. View of the shiitake.

A_1、A_2	：分別爲香菇蕈傘之長、短徑。	B_1、B_2	：蕈傘底下一公分處之菇柄大、小徑。
e	：蕈傘之最短側徑。	H	：菇體全長。
H_1	：蕈傘之厚度。	H_2	：菇柄長。
K_1	：菇柄之彎曲度。	T_1	：菇柄末端與柄外緣之距離。
T_2	：菇柄末端之外徑。		



圖6. 畸形之香菇

Fig. 6. The abnormal shiitakes.

表2. 冬季所生產香菇蕈體之各部標示

Table 2. Dimensions of the sampled shiitakes growing in winter.

	H	H_2	A_1	A_2	B_1	B_2	T_1	T_2	K_1	e
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	deg.	mm
	80	53	70	60	15	14	35	18	20	37
	56	32	46	30	13	10	15	14	30	15
	86	55	68	60	14	13	22	21	10	33
	100	69	80	60	17	14	28	22	30	34
	81	50	64	58	13	12	23	17	10	35
	71	35	67	54	14	12	30	20	60	35
	60	40	47	42	12	9	19	12	50	26
	80	49	67	56	20	10	26	26	20	25
	57	39	39	30	9	7	15	13	10	19
	59	36	53	49	10	9	20	12	10	29
	95	57	67	54	16	14	24	20	25	33
	71	44	62	57	20	15	21	20	0	42
	61	40	41	40	8	7	20	14	10	23
	85	56	62	60	16	14	27	20	15	37
	105	74	73	71	24	15	25	24	0	42
	42	22	42	40	8	7	20	12	45	19
	49	31	43	40	11	10	15	11	50	22
	57	32	53	48	11	10	15	12	0	31
	69	39	64	55	16	13	22	16	45	32
	79	44	66	64	14	11	19	16	10	36
Average	72.15	44.85	58.70	51.40	14.05	11.30	22.05	17.00	22.50	30.25
C.V.	23.80	29.18	20.68	21.74	29.70	23.69	24.42	26.31	82.68	25.51

表3. 夏季所生產香菇蕈體之各部標示

Table 3. Dimensions of the sampled shiitakes growing in summer.

	H	H_2	A_1	A_2	B_1	B_2	T_1	T_2	K_1	e
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	deg.	mm
	93	69	57	46	10	14	17	16	0	30
	76	50	69	50	21	13	17	13	0	31
	62	39	45	41	10	10	21	13	50	24
	83	62	52	51	9	8	17	13	0	29
	84	53	63	52	16	13	21	15	20	30
	86	59	45	38	15	11	36	15	0	24
	80	57	56	50	15	12	18	14	0	31
	62	32	53	52	10	10	16	16	60	27
	63	44	50	46	13	11	17	13	10	27
	82	60	60	44	24	8	20	18	0	26
	82	55	52	45	18	14	26	21	30	28
	82	56	62	52	22	12	17	13	30	30
	59	43	32	32	6	7	12	10	45	19
	67	41	53	48	17	14	21	20	0	31
	60	39	50	46	9	7	14	10	60	25
	56	32	63	54	21	11	38	14	0	32
	80	60	77	67	12	18	16	14	30	42
	54	31	50	35	11	6	15	7	60	20
	44	23	47	36	11	11	18	10	90	23
	75	52	48	44	10	10	18	12	15	27
Average	51.50	47.85	54.20	46.45	14.00	11.00	19.75	13.85	25.00	27.80
C.V.	18.52	26.10	18.04	17.00	36.42	26.71	33.50	24.38	109.93	17.88

曲角度K_1>50°時，蕈傘(cap)嵌入定位輸送帶之間隙中，蕈傘被切柄刀具剪切，造成對香菇之機械損傷。表2、表3中之T_1及T_2值若大於輸送帶間隙時，蕈體之定向效果不佳，可能影響切柄成功率。同時蕈傘之最短側徑e之值若小於定向輸送帶之間隙時，蕈體將自間隙中掉落，導致無法定向與切柄。

香菇蕈體影響定向之第二項物理特性爲其外形，當H_1<A_1或A_2時，因蕈體之重心偏高，菇體之轉動力矩無法克服菇體與輸送帶間之摩擦阻力，同時撓性撥指對菇柄偏離之香菇無法作用。

爲瞭解試驗用香菇之背景資料，取樣一堆香菇，將其分類而得到香菇各項比例如下：

當S=香菇總數，

S_1＝小型香菇數【凡e＜皮帶間隙爲小型香菇】。

S_2＝不易定向香菇數【T_1或T_2＞d、h_1＜A_1或A_2，k_1＞50度爲不易定向】。

則小型香菇比例：R_1＝S_1/S

不易定向香菇比例R_2＝S_2/（S-S_1）

依據實際調查結果，夏季菇之R_1=10%、R_2＝31%，冬季菇R_1＝7%、R_2＝27%。

二、切柄機之研製與機構修正

本機依作業功能，可區分爲電源主控制箱、單一供料機組與自動切柄機組兩作業單元，經規劃、分析設計後，製作元件與組裝成型，各驅動馬達之啓動開關均集中裝設於控制箱中，爲作業安全，本機另有一緊急停止開關，可在發生意外時緊急切斷電源。該控制箱可配合工作人員之作業位置，在固定軸上迴轉，以改變面板之操作方向，便於操作。主要單元機構之相關研究結果分別說明如後：

（一）限量供料單元

香菇採收穫後，以容器盛裝運送至處理場，傾入階梯式供料輸送機之形V型盛斗內，輸送機以45°之傾斜角，藉輸送帶上等間距之橫肋提取定量香菇，將香菇往上輸送至出料口後，利用重力依序自然落下至單一供料機最上層輸送帶，進行原料單一化作業。本限量輸送機爲了達成較合理之均勻供應量，在輸送行程中嚐試不同之限量裝置，經試驗結果，階段式原料輸送機(圖7)之仰角度提高爲60°，並在輸送帶之中央裝置圓棒式阻力棒，以便在盛斗滿載時，將輸送帶所提升過量之菇體推離下滑，限制每一階段有效供料個數。

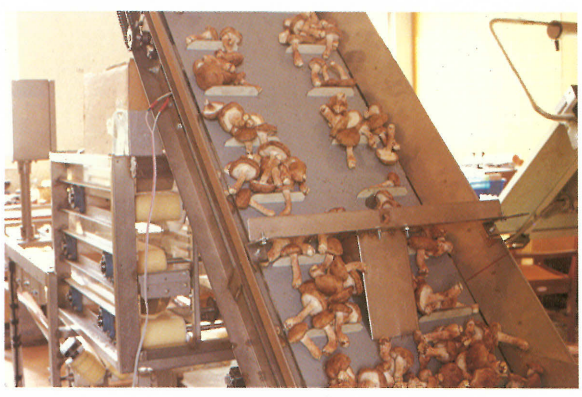


圖7. 香菇原料輸送機

Fig. 7. The shiitake conveyor.

（二）單一化供料機組

爲顧及鮮菇無法承受機械外力撞擊之物理特性，並減少機體空間，本單一化機組採用三層立體式結構，香菇經各層輸送帶之上輸送，藉層間輸送帶之線速差，形成香菇在輸送帶上之位移變化，自然

達成將菇體單一隔離之目標。單一化供料機組計有左、右兩作業線，同時進行兩組單獨作業；輸送帶由ψ 70之滾輪與調頻馬達驅動，馬達與下、中及上層輸送帶之鏈輪比爲60：30、30：15及1：1，即下層送帶與馬達等速，中層速度爲上層之2倍，下層速度則爲上層之4倍。同一輸送帶上前後相鄰之香菇，在落下至下一層輸送帶時之瞬間因位移差，將前後相鄰二香菇蕈體之間隔錯開。爲防止菇體自上一層輸送帶落下時發生位置偏離之現象，在輸送帶行程終端安裝一傾斜之V形承接引導裝置，可有效改善前述狀況之發生。本機組之作業速度與主切柄機組輸送帶互相對應，藉馬達調頻來完成。單一化供料機組之長、寬及高分別爲800 × 590 × 530 ㎜，作業時移置於切柄主機之橫樑上，收藏時則可與切柄主機分離，以減少對貯存空間之需求，本單一化供料機組之結構如圖8所示。爲了提高單一化供料作業效率，經試驗分析結果，本機構建議增加層數。

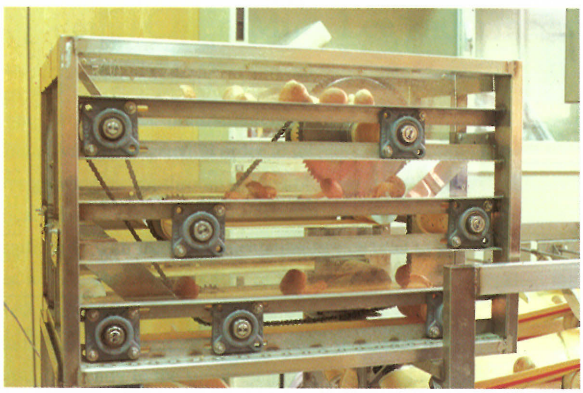


圖8. 三層式單一化供料機

Fig. 8. Three layer singularizing feeder.

（三）自動定向、切柄機組

本機構之作業功能包含菇體在切柄前之定位與定向、切柄及菇體收集等，當經單一化分離之香菇蕈體掉落至本切柄主機入口時，菇體在輸送帶上藉轉動力矩產生扭轉作用，將菇體之菇柄朝下，按落下之先後依序排列在輸送帶上，並由輸送帶往後運送，菇體在接觸迴轉切刀時，由輸送帶之攜帶作用通過切刀組，而將菇柄以預定之長度切除，處理後之菇體由收集器收集，完成切柄作業之全程（圖4所示）。至於切下之菇柄或小型之菇體下腳料等，則由另一收集輸送帶收集。

1.定向、定位單元

切柄主機（圖9）之菇體定位與定向設計爲本機成敗之關鍵，而定位及定向之完成，則係藉菇體之重心自然不穩定性。本機對菇體能產生定向扭轉之原因，則藉助於輸送帶雙向傾斜，使菇體在輸送帶表面產生轉動，並利用兩條輸送帶間之微小相對速度差，將鮮菇體於輸送過程溫和地轉動，使菇柄朝下而夾入兩輸送帶間之預留間隙，此後菇體即以菇柄向下蕈傘在上之平放位置進入切刀組。但因兩輸送帶間之微小速差對蕈體之定向引導作用並未顯著，爲簡化機構設計，將兩組輸送帶以共軸方式驅動，廢棄輸送帶間之差速設計。由於輸送帶在起始端先以三度空間之方式扭轉，其最適扭轉仰角爲何（參考圖1），則由錯誤嚐試中獲得。爲了讓菇體在進入本機時能確實進行扭轉產生定向之作用，本機輸送帶之扭轉由起始點向上傾斜45度後，角度緩緩增加，至第二扭轉點時放大爲50度（相對於垂直位置），隨後保持水平不變；在角度由45度扭轉爲50 度這一段輸送過程，輸送帶係向上斜送，這一斜送之過程，可協助部份未進入定位狀態之菇體產生滑動而再度定位。同時在本機輸送帶之入口端，兩輸送帶之間原預留供夾入菇柄之15 ㎜間隙，偶而會誤導部份落下之菇體以蕈傘之邊緣嵌入，造成永遠無



圖 9. 香菇自動切柄機

Fig. 9. The automatic shiitake stalk cutter.

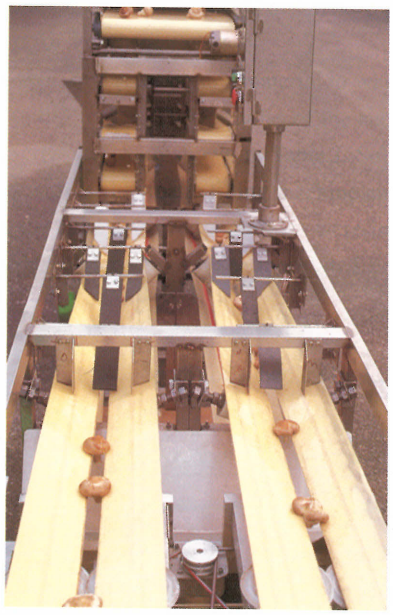


圖 10. 撓性撥動機構

Fig. 10. The flexible stiring strips.

法定位與定向之缺點。爲補救並改善此一缺點，在輸送帶組之正下方，另沿與帶緣平行之方向裝置一條寬 30 ㎜之小型輸送帶，托住菇體並兼具協助輸送之功能。當菇體離開這一條托送帶後，菇柄即依定向結果朝下夾入輸送帶間隙；唯經數度實測檢視結果，該托送帶並未達成預期之功能，經檢討分析後，將輸送帶組在起始端以幾近零間隙之設計取代托送之機構設計後，獲得更正面之定向效果。惟經多次室內試驗觀察結果，在定向過程中仍有少量之菇體並未完全依照設計達成定位與定向作業；爲了讓這少量未定向之菇體，能在定向處理流程繼續完成定向作業，本機在輸送帶轉折之區段，另以撓性之撥動機構（圖 10）協助菇體進入正確之定位、定向位置。輸送帶共有左右兩組作業線，原設計內側

兩條輸送帶共用一只驅動馬達，外側兩條輸送帶則另用一只馬達，如此可依照作業狀況將每一組輸送帶以微小之相對速度差，協助菇體定向；經修正後，已如前述使用共軸驅動。至於其動力傳導，則爲以18：15之鏈輪比由馬達加速驅動。以人工利用隨機方式將香菇蕈體任意投到定向輸送帶上，在四種不同之輸送作業線速下作業，以定向成功之蕈體數除以投入香菇蕈體數減去被分離異常之小型下腳菇體數後餘數，所得之定向成功率介於82%至91%之間，如表4所示。由該表可知在不同輸送帶作業速度下，本切柄機之定向功能並無顯著之差異。

表4. 定向輸送帶單獨作業功能試驗

Table 4. The shiitake orientating performance when the orientating unit operated individually.

皮帶速度	受測數	先期選別	未定向完整	未定向切損	完成數	損傷率	成功率
24	100	7	10	3	80	3.2 %	86 %
33	100	6	8	3	83	3.2 %	88 %
42	100	7	9	5	79	5.4 %	85 %

[z] 作業條件：以人工供料，於定向皮帶上，任意方向投擲，試料爲冬季品，外型異常率35 %，定向皮隙25mm

2.迴轉切刀組

本切柄主機另一項作業功能爲最後之切柄，當菇體由傾斜定位、定向階段轉入水平輸送後，菇體即進入待切除菇柄之狀態，直至菇體與相對迴轉之切刀組接觸至通過後，完成切柄作業[7]；該切刀組係由不銹鋼板切削而成，並以相對迴轉之作業方式進行菇柄之切除作業，切刀組之動力由另一只低功率調頻馬達以1：1之速比完成動力傳導，切刀組與輸送帶間之相對位置爲可調式，其調整幅度視留柄長度而定。本機之設計結構如圖9所示，全機之長、寬及高分別爲2560 × 695 × 800 ㎜。

3.收集裝置

已完成具備動力之菇柄收集、篩落香菇收集與成品收集裝置，目前僅以平板爲之已達收集功能；未來可於其空間修改爲利用輸送帶輸送至附屬之菇柄與小型等之收集配備，該配備可因地制宜，作爲選擇性之附屬設備；唯其機構設計仍比照本自動切柄機相關輸送帶之設計與材料，由低功率馬達來驅動並完成相關作業。

三、連續切柄試驗

於香菇切柄機單一化供料機組與自動切柄機組完成研製、個別功能試驗與改良後，針對整體作業功能進行試驗，與綜合性之機構改良爲本計畫之另一研究主題。如前所述本香菇自動切柄機切柄作業流程中（圖4），包含了限量供料、單一化供料處理及後續之自動定位與切柄。供試之單一化供料機構爲三層式轉折設計，至於切柄機組部份，則爲經簡化爲共軸傳動機構後之機組。切柄試驗時將未經選別分級之混合新鮮香菇原料傾倒入對地角爲60°之原料輸送機貯料斗中，藉輸送機上階段式隔板將香菇往上輸送。爲在最初期輸送原料作業流程中，達成限量供料之目的，以減少後續單一化處理之作業負荷，輸送帶上隔板由完整板條式修改爲斷開設計，並由嚐試錯誤試驗確定隔板之合理高度，同時分析香菇之穩定安息角，將輸送機之斜角修正爲對地60°而告定型。本次供試之香菇體外形正常與異常之比率爲2.1：1（由圖5及圖6，凡$e<24mm$、$T_1>24$、$H_2<2/3H$、$K_1>50°$之香菇均爲畸形異常香菇，），香菇在輸送機終程直接落入單一化供料機上，經三次轉折藉輸送帶之差速讓香菇自然產生位移變化，在最底一層輸送帶末端，理論上香菇個體間之間隙已達20～30公分。惟單一化處理效果與設計期望值仍存有落差，經分析檢討結果，係肇因於未經選別分級、混合原料間之糾纏與處理流程不足。經單一化供料處理後之香菇體接著落入自動切柄機組後，在輸送帶形成之漏斗狀空間中滾動，並自動完成菇柄朝下之定向與定位動作，菇柄自動夾入漸開式輸送帶間隙中，蕈傘則平貼於輸送帶表面，持續往後輸送至相對迴轉切刀組，進行預設柄長之切柄作業（圖11）。在定向輸送過程中，小型菇體則經由輸



圖11. 切柄後香菇

Fig. 11. The shiitake were cut off the stalk.



圖12. 被切損之香菇

Fig. 12. The shiitakes damaged by the cutter.

送帶間隙掉落至下腳料收集輸送帶上，另予收集處理。一般而論，因蕈傘平貼於輸送帶上，故只要完成定向，在切柄時發生蕈傘被切損（圖12）之比率極低。由表5查知，即使原料輸送帶之線速度不同，當供料輸送帶及定向輸送帶速度皆低時，切柄處理之損傷率較低。供料輸送帶速度高時因蕈體供給量多，同一時間有成堆之香菇落下，單粒化效果不佳。因此要得到高流量、高均勻度的香菇單一化效果，必須適度控制進料量，並以多層轉折變速設計，達到加速蕈體之分散效果。

結　論

一、本切柄機初期所使用之輸送帶傾斜角爲18°，作業中菇體在帶上翻滾數次，徒增定向之困擾，解決之道似可由減少傾斜角著手，經增加輸送流程改變機體長度後，傾斜角修正爲5°，已可控制香菇在輸送帶上額外之翻滾。

二、兩條定向帶之間距，採用前段較小，逐漸加大至水平階段爲等寬之不等距設計，以減少香菇

表5. 連續作業時不同進料一定輸送帶速度之切柄成效

Table 5. The shiitake stalk cutting efficiency at various belt speeds.

配速比(m/min)	輸送數	先期選別	未定向完整	未定向切損	切柄成功數	損傷率	成功率
2：6：12：24：24	104	5	19	4	76	4.0 %	77 %
2：6：12：24：33	112	7	15	4	86	4.7 %	82 %
2：6：12：24：42	107	5	19	7	76	6.8 %	75 %
3：6：12：24：24	171	9	38	11	113	6.8 %	70 %
3：6：12：24：33	167	12	27	11	117	7.1 %	75 %
3：6：12：24：42	158	11	29	14	104	9.5 %	71 %

[z] 1.作業條件：以單線作業，切柄2分鐘，試驗香菇爲冬季品，外型異常率35 %，定向皮帶間隙25mm

2.配速比定義：分別爲限量輸送帶速度：單一化第一層速度：單一化第二層速度：單一化第一層速度：定向輸送帶速度。

於落下時之嵌入現像，藉以提高定向效率。定向輸送帶之速度若太高時，將會發生擦傷菇體之現像。

三、單一化供料機構之作業精度直接影響後續定向與切柄作業之效果，爲了克服階梯式斗升機承斗存量變化造成定量輸送帶之供料量變化懸殊，形成單一化效果不彰之現象，經分析結果，應可利用增加單一化差速輸送帶組數來達成，檢討後之結論採五層設計，惟提高單一化之效果如何則有待進一步之試驗後驗證。

四、香菇蕈體外形對本切柄機作業性能影響極大，短柄或外形扭曲者，在定位、定向時易發生不穩定之現象，因此定向作業功能之穩定度恆受不同產期菇體外形之影響。同時由於傳統之收穫作業，未將大小不同之菇體於收穫時先行分級，致香菇蕈體在定向輸送過程中，小型菇體會在中途掉落，必須在定向帶下方加裝小菇體收集帶。本切柄機之最終試驗結果，定向效率未達90 %以上，究其原因爲香菇外形及菇柄扭曲較嚴重所致，不過在定向輸送過程若將其行程增加，則可由管理人員於作業中隨時檢除，應可提高定向之精確度。

如表4所示，定向輸送帶使用42m/min之線速度，不計異常蕈體數，所得之定向結果爲85%。相鄰香菇蕈體之間距達30公分，在導入定向作業時，蕈體間無干涉與阻滯之現像。若以85%之定向及切柄成功率計算，供切柄香菇之蕈體正常率爲94%，以每分鐘200個蕈體之供料速率進行切柄作時，每分鐘切柄成功數爲160個。

誌　謝

本研究計畫承中正農業科技社會公益基金會贊助，謹申謝忱。

引用文獻

1. 王宏智、陳俊明、尤瓊琦、王豐政。1995。香菇乾燥基本特性之研究。農業機械學刊4(1): 1-13。
2. 余文彰。1996。可調整菇腳餘長之菇類切腳機結構。經濟部中央標準局專利公報第289916號。
3. 吳盛雄。1983。洋菇根部自動切腳機。經濟部中央標準局專利公報第54860號。
4. 許炳富。1997。香菇加工切腳機。經濟部中央標準局專利公報第299583號。
5. 陳文祥。1979。洋菇根部切除機。經濟部中央標準局專利公報第26772號。
6. 陳文祥。1981。草菇切根機。經濟部中央標準局專利公報第34871號。
7. 黃俊雄、李錦楓、謝定時。1979。洋菇續式自動切柄機。經濟部中央標準局專利公報第36233號。
8. 農委會。1983。香菇木屑塑膠包栽培。農民淺說255A。
9. 臺灣農業年報。1993。臺灣省政府農林廳編印。102-103頁。
10. 鄭添壽。1979。生菇自動切頭機。經濟部中央標準局專利公報第26347號。
11. 盧炳榮。1980。生菇自動切頭機。經濟部中央標準局專利公報第29677號。

12. 譚奇才。1982。半自動洋菇切柄機。經濟部中央標準局專利公報第45571號。
13. 譚奇才。1985。洋菇香菇切柄機用之帶式洋菇香菇輸送裝置。經濟部中央標準局專利公報第72338號。
14. Antonio Turatti. 1978. 洋菇自動篩選及切莖用機器。經濟部中央標準局專利公報第23428號。
15. Nuri ,N. Mohsenin. 1980. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breachscience Publishers New York.
16. Rao Singiresu s. 1984. Mechanical Vibrations. Taipei Publications Trading Company.

Development of the Shiitake Stalk Cutter[1]

Lien-Sheng Liang , Kuo-Hsiang Hwang and Tyng-Horng Chou[2]

Summary

The stalk cutting machine for shiitakes consists of three major components- a singularizing feeder, an orientating unit and a cutter set. Through the three floor singularizing feeder with a designed conveyor speed ratio of 1:2:4, the processed shiitakes falling down from the upper floor to the lower floor are displaced at increasing amounts to separate with adjacent ones. Each processing line of the orientating unit comprises two twisted conveying belts. A V-shape carrying gap with an increasing width through the processing line is purposely formed in-between these belts to keep stalk sides of the shiitakes downward. When being transported through the disk cutter set, the orientated shiitakes are then cut off their stalks at desired lengths. From experimental results, more than 85% of the processed shiitakes were cut successfully when the orientating unit was operated individually. However, when the whole stalk cutting machine was put in action, the handling capacity of this machine and the percentage of shiitakes successfully cut were reduced tremendously due to the non-uniform feeding at the singularizing feeder and the backward bouncings of shiitakes at the orientating unit. The best case of this machine operated continuously showed that the percentage of shiitakes successfully cut was about 82% with a handling rate at 86 shiitakes per minute neglecting small shiitakes dropping from the gap of orientating belts. The handling ability of this machine would be increased if further improvements were properly made on the singularizing feeder and the orientating unit.

Key words : Shiitake, Auto-orientation, Stalk cutter.

---

1. Contribution No.2038 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.
2. Respectively, Head and Senior Engineer, Assistant and Assistant, Department of Agricultural Engineering.,TARI, Wufeng,

中華農業研究

第四十九卷　第三期

中華民國八十九年九月出版

發行人：林俊義

總編輯：陳炳輝

編審委員：

農藝組：盧煌勝（主審）

王強生　呂秀英　陳一心　楊純明

劉大江　劉新裕　蔡新聲

園藝組：蕭吉雄（主審）

王德男　施昭彰　徐信次　劉政道

歐錫坤

農化組：林木連（主審）

王鐘和　吳繼光　郭鴻裕　劉慧瑛

植病組：張清安（主審）

安寶貞　林正忠　彭金騰　程永雄

蔡武雄

昆蟲組：羅幹成（主審）

王清玲　何琦琛　周樑鎰　陳炳輝

陳健忠　鄭　允　鄭清煥

農機組：梁連勝（主審）

黃禮棟　蔡致榮

另聘請農業評議委員或各大學院校有關學者專家擔任審查委員。

Vol. 49, No.3 Sep. 2000

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

PUBLISHER: Chien-Yih Lin

EDITOR IN CHIEF: Bing-Huei Chen

EDITORIAL BOARD:

Chin-An Chang (Plant Pathology) Chi-Hsiung Hsiao (Horticulture)

Lien-Sheng Liang (Agri. Engineering) Mu-Lien Lin (Agri. Chemistry)

Kang-Chen Lo (Applied Zoology) Hung-Shung Lu (Agronomy)

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

Pao-Jin Ann	Bing-Huei Chen	Chien-Chung Chen
Yi-Shin Chen	Ching-Huan Cheng	Edward Yun Cheng
Yung-Hsiung Cheng	Liang-Yih Chou	Horng-Yuh Guo
Chyi-Chen Ho	Hsin-Tszu Hsu	Li-Duhng Huarng
Cheng-Chung Lin	Tsung-Dao Liou	Dah-Jiang Liu
Huey-Ing Liu	Sin-Yie Liu	Hsiu-Ying Lu
Shyi-Kuan Ou	Jin-Tong Peng	Jau-Chang Shih
Wu-Hsiung Tsai	Hsin-Sheng Tsay	Jyh-Rong Tsay
Chan-Sen Wang	Chong-Ho Wang	Chin-Ling Wang
Der-Nung Wang	Chi-Guang Wu	Chwen-Ming Yang

Reviewers of related fields are invited from universities, and other research organizations.

中華農業研究第四十九卷第三期

編　者：行政院農業委員會農業試驗所

發行人：林俊義

發行所：行政院農業委員會農業試驗所

地　址：台中縣霧峰鄉413萬豐村中正路一八九號

網　址：http://www.tari.gov.tw

電　話：(04)330-2301～5

展售書局：

1.三民書局／台北市重慶南路一段62號　(02)2361-7511

2.中正書局／台北市衡陽路20號　(02)2382-1394

3.五南文化廣場／台中市中山路2號　(04)2260330

4.新進圖書廣場／彰化市光復路177號　(04)7252792

5.青年書局／高雄市青年一路141號　(07)3324910

編　輯
印製者：榮裕實業股份有限公司

地　址：台中市大慶街二段二十號

電　話：(04)2618008

中華民國89年9月出版

定　價：NT175元

統一編號
025263890075

Vol. 49, No.3 Sep. 2000

JOURNAL OF
AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA
(Formerly Journal of Taiwan Agricultural Research)

CONTENTS

A Comparison of the Accuracy and Applicability of Different Models for Non-destructive Leaf Area Estimation in Rice
……Lit-Fu Chan, Hsiu-Ying Lu, Meng-Li Wei, and Chun-Tang Lu … 1

Studies on the Application Possibility of Cropton Value for Yield Trial of Rice
……Jeng-Chung Lo and Yi-Shin Chen…14

Heterosis and Potential for Green Corn of F_1 Hybrids Among Tainan-white and Exotic Inbred Lines in Maize
……Guang-Jauh Shieh and Fu-Sheng Thseng…23

Yield Potential of F_1 Hybrids Among Exotic White Endosperm Inbred Lines of Maize
……Guang-Jauh Shieh, Chan-Lee Ho and Hung-Shung Lu…34

The Relationship between Cultivar's Chilling Requirement and Planting Altitudes of Peaches
……Shyi-Kuan Ou, Ming-Fwu Hwang, Ching-Pin Li, Shih-Jen Lu, and Chia-Wei Song…46

Effect of Different Methods for Controlling Humidification on the Production of *Pleurotus eryngii* Using Bottle Cultivation Technology
……Jin-Torng Peng, Min-Cong Dai and Yin-Fang Tsai…54

Effect of Rice Bran on the Production of Different King Oyster Mushroom Strains During Bottle Cultivation
……Jin-Torng Peng, Chien-Ming Lee and Yin-Fung Tsai…60

Development of the Shiitake Stalk Cutter
……Lien-Sheng Liang , Kuo-Hsiang Hwang and Tyng-Horng Chou…68

Published by
THE TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE,
COUNCIL OF AGRICULTURE
Taichung, Taiwan, Republic of China

行政院新聞局出版事業登記證局版臺省誌字第一九八號
中華郵政中臺字第〇三〇九登記爲雜誌交寄

定價：新臺幣一七五元