中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）39(3)：165～173（1990）

控制授粉對玉米臺農351號果穗及子粒生育性狀之影響[1]

曹紹徽　王強生　劉大江[2]

摘要　本試驗以單雜交玉米臺農351號爲材料，以套袋方式延遲授粉，縮短果穗上、下位子粒發育之時間差距，又限制穎花有效受粉時間，探討對玉米果穗不同部位子粒生育性狀及產量的影響。套袋延遲授粉有減少上位果穗不充實部份長度、增加穗周與提高上位子粒數及產量的作用，但中、下位子粒之百粒重有因而降低的趨勢，延遲授粉7日並顯著減少中、下位子粒之粒數與產量。經由控制有效授粉期可使果穗不同部位的子粒數目發生變異，如以對照植株之粒數爲準，自吐絲始期算起，上位穎花之受粉自第3日開始，9日內完成，與中、下位穎花分別於5及3日內完成受粉有顯著差異。果穗不同部位子粒之數目與平均百粒重間呈負相關，且上位子粒亦有充份發育的潛能。本試驗以控制授粉方式改變玉米果穗粒數及百粒重，發現不同部位子粒之間具有競爭作用，而縮短上、下位穎花受粉時間差距可增强上位子粒的相對競爭能力；經由確定穗內不同部位穎花有效受粉所需時間，認爲自雌穗吐絲始期開始，最少應有5日的花粉供應方可維持較高之子粒產量，可供爲品種選育及實際栽培時的參考。

關鍵詞：玉米、控制授粉、子粒充實、產量。

玉米子粒產量決定於光合成物質的生產能力與分配效率[12]，而供源與積儲均可能爲限制產量的因子[18]。依據曹等[5]之報告，單雜交玉米品種臺農351號於秋作在本省中部地區理想條件下栽培，生產光合成物質的供源能力超過果穗積儲對養分的需求；就玉米而言，積儲能力爲果穗子粒數目與平均粒重的乘積，而平均粒重的變異主要於子粒直線充實期間（linear kernel growth phase）決定[9]。子粒數目與平均粒重兩項因素中之任一項如果降低，產量都可能受到影響。

玉米果穗上位子粒的粒數、平均粒重及充實速率均不如中位及下位子粒[5]，Nishikawa and Kudo[15]認爲上位果穗的部份穎花雖能受粉與受精，但並不能充份發育，Tollenaar and Daynard[19]及林等[3]均指出上位子粒開始生長與發育的時間較中、下位子粒遲4至5日，王等[1]研究臺農351號穗頂充實不良的原因，發現果穗不同部位穎花之發育具有明顯的時序性差異，在利用養分方面，中、下位子粒可能對上位子粒產生强勢競爭或抑制作用，但林與劉[4]經由分析子粒充實期間穗位葉鞘與節間及穗軸的醣類組成與濃度，仍然證明光合成物質可充份轉移至穗軸頂端，並建議碳水化合物自玉米穗軸轉移至子粒的過程可能是決定上位子粒充實度的重要因子。

在另一方面，於玉米吐絲後將果穗以套袋方式延遲授粉數日，降低上、下位子粒發育之時序差異，有助於改善上位子粒的充實度[1]，顯示授粉時間對子粒發育確具作用，但是對中、下位子粒的發

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第1521號。本項研究計畫承行政院國家科學委員會補助（計畫編號 NSC77—0409—B055—04），謹致謝意。

2.本所農藝系助理、助理研究員及研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

育及最終產量的影響猶待確定。本研究室曾以玉米臺農 351 號品種爲材料，進行多項與子粒充實特性有關之試驗，本項研究詳細探討延遲授粉及控制有效授粉時間對果穗不同部位子粒累積乾物質、氮素及碳水化合物模式的影響，本文僅涵蓋於成熟期測定果穗及子粒產量性狀的結果，有關重要組成分之累積速率將另文提出報告。

材料與方法

採用玉米單雜交種臺農351號（Tainung 351, TNG 351）爲材料，於1987年 8 月22日播種，在臺中縣霧峰鄉本所農場進行試驗，栽培之行株距均爲 80×20cm，合每公頃52,500 株，播種時每穴播二粒種子，出土後間拔留一株，肥料用量及管理方法與林等 [3] 之報告相同。本試驗分爲兩個項目，第一項爲以套袋方式延遲授粉處理，第二項爲控制有效授粉時間處理，兩項處理分別執行，均採完全逢機區集設計，重複四次，小區爲10行區，每行栽植41株。

延遲授粉處理的目的爲降低上、下位子粒發育之時序差異，係於玉米吐絲前以牛皮紙袋將大量果穗套袋，而後選擇同日開始吐絲之果穗，分別給予套袋 0（對照）、3、5、7與 9 日處理；控制有效授粉時間處理的目的在瞭解不同部位子粒受粉所需時間，其方法爲選擇同日開始吐絲植株，分別於開始吐絲後 0、1、3、5、7與 9 日套袋，亦即僅給予特定之授粉日數，而於吐絲後兩週除去套袋，令果穗充份發育。每一小區之上述每一控制授粉處理均包含至少30個果穗。

於玉米開始吐絲後25、42及69日進行取樣，每次自每小區選取 9 個果穗爲樣品，去除苞葉後利用送風乾燥箱以 100°C處理2hr及 80°C 處理 48-72hr，予以烘乾。隨後測量穗頂未受精與不充實（含未受精）及果穗充實部份長度，再將果穗依長度均勻區分爲上、中及下三個部位，量度穗周、穗軸重、子粒數、百粒重及每穗粒重。各項數據均經變方分析，並以 Duncan's New Multiple Range Test 測定處理間之差異顯著性。

結　果

套袋延遲授粉對玉米果穗長度及穗周的影響示於表 1；對照處理（不套袋）之全穗長爲21.08 cm，隨著套袋時間延長，穗長有逐漸增加的趨勢，例如套袋 9 日之穗長比對照處理增加11.5%。對照植株穗頂不充實部份的長度爲5.20 cm，相當於全穗長之24.7%，此一數值與比例亦因套袋延遲授粉而顯著降低，以套袋 7 日爲例，其不充實穗長僅爲2.30 cm，相當於全穗長之10.2%。不充實穗長中屬於未受精部份介於 2.05-3.71 cm，雖然也有因套袋而減短的趨向，但在多數處理間的效果並未達顯著水準，唯一之例外爲套袋 7 日處理，未受精長度較對照處理降低達44.7%。

對照植株上、中及下位穗周分別爲11.98、16.81 與 17.71 cm（表 1），套袋 3 及 5 日對中、下位穗周長度並無顯著影響，但 7 日與 9 日處理可使下位穗周減少 25.1 及 31.5%，中位穗周減少11.8及23.7%。相反的，套袋處理對增加上位穗周卻有顯著效應，例如套袋僅 3 日即可使上位穗周顯著增加10.2%。

在控制有效授粉日數的試驗方面，全穗長因授粉日數的減少而降低，僅給予 1 日授粉時間之穗長爲15.97 cm，較對照植株短24.2%（表 2），差異極爲顯著；授粉 7 日處理爲20.63 cm，與對照組已無差異，授粉 9 日處理之穗長反而大幅降低，其原因未明，可能爲試驗誤差所致。表 2 同時顯示，僅接受 1 日授粉果穗之全長雖大幅降低，但頂端不充實部位的長度卻達9.93 cm，顯示上位子粒發育嚴重受阻；若延長授粉時間至 3 - 9 日，則不充實穗長與對照植株並無差異，或甚至有降低現象。授粉 1 日處理不充實穗長佔全穗長之比例高達62.2%，其他處理則介於17.4—25.8%之間。未受精部份穗長與不充實穗長之間有平行關係存在，有效授粉期 1 日之不充實穗長全爲未受精所致，隨授粉時間之增加，未受精部份所佔比例亦因而減少。

Table 1. Length and periphery of Tainung 351 maize ear measured at maturity as affected by various bagging durations for delay pollination*

Days of Bagging	Ear Length (cm)			Ear Periphery (cm)		
	Non-fertilized	Unfilled	Whole Ear	Upper	Middle	Lower
0	3.71 a (100.0%)	5.20 a (100.0%)	21.08 b (100.0%)	11.98 b (100.0%)	16.81 a (100.0%)	17.71 a (100.0%)
3	3.19 a (86.0%)	4.35 ab (83.7%)	21.35 b (101.3%)	13.20 ab (110.2%)	16.41 a (97.6%)	17.20 a (97.1%)
5	2.69 ab (72.5%)	3.31 bc (63.7%)	22.77 ab (108.0%)	14.05 a (117.3%)	16.35 a (97.3%)	16.49 a (93.1%)
7	2.05 b (55.3%)	2.30 c (44.2%)	22.50 ab (106.7%)	14.40 a (120.2%)	14.83 b (88.2%)	13.27 b (74.9%)
9	2.69 ab (72.5%)	2.69 c (51.7%)	23.51 a (111.5%)	12.89 ab (108.3%)	12.82 c (76.3%)	12.14 b (68.5%)

* Means with the same letter within each column are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Range Test. Figures in parentheses are percentages relative to control (0 day bagging treatment). Unfilled ear length includes nonfertilized portion.

Table 2. Length and periphery of Tainung 351 maize ear measured at maturity as affected by various durations of effective pollination*

Days of Effective Pollination	Ear Length (cm)			Ear Periphery (cm)		
	Non-fertilized	Unfilled	Whole Ear	Upper	Middle	Lower
CK	3.71 c (100.0%)	5.20 b (100.0%)	21.08 a (100.0%)	11.98 ab (100.0%)	16.81 a (100.0%)	17.71 a (100.0%)
1	9.93 a (267.7%)	9.93 a (191.0%)	15.97 c (75.8%)	6.33 d (52.8%)	8.80 d (52.4%)	11.60 e (65.5%)
3	4.59 b (123.7%)	4.65 b (89.4%)	18.05 b (85.6%)	8.92 c (74.5%)	15.75 b (93.7%)	16.94 b (95.7%)
5	2.32 d (62.5%)	3.01 c (57.9%)	17.28 b (82.0%)	11.79 b (98.4%)	15.32 bc (91.1%)	16.18 c (91.4%)
7	3.30 c (89.0%)	4.74 b (91.2%)	20.63 a (97.9%)	12.98 a (108.3%)	16.65 a (99.1%)	17.63 a (99.6%)
9	2.23 d (60.1%)	3.29 c (63.3%)	17.91 b (85.0%	11.63 b (97.1%)	14.71 c (87.5%)	15.56 d (87.9%)

* Means with the same letter within each column are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Range Test. Figures in parentheses are percentages relative to control (no restriction on pollination employed). Unfilled ear lngth includes nonfertilized portion.

穗周亦明顯受有效授粉時間的影響，授粉 1 日處理的上、中及下位穗周較對照處理減少 34.5—47.6%，授粉 3 日及 5 日處理亦有相同表現，但此一效應在授粉時間延長至 7 日時已不明顯（表 2），而授粉 9 日之穗周表現與其他處理之變化趨勢並不符合，可能爲試驗誤差所致，已敍述如前。限制授粉時間對果穗上位穗周的影響最大，授粉 1 日及 5 日時之降幅達47.2與25.5%，但授粉 5 日處理已未見明顯效應（表 2）。

套袋延遲授粉對與產量有關的子粒性狀表現之影響列於表 3。對照處理植株每穗總粒數爲 621 粒

Table 3. Characrteistics of kernels grown on the upper, middle and lower portions of Tainung 351 maize ear as affected by various baging durations for delay pollination*

Days of Bagging	Kernel Number per Ear				100-Kernel-Weight (g)				Kernel Yield (g/ear)			
	Upper	Middle	Lower	Total	Upper	Middle	Lower	Total	Upper	Middle	Lower	Total
0	127 bc	266 a	228 a	621 a	12.15 c	25.76 a	28.05 a	23.92 a	15.43 c	68.52 a	63.95 a	147.90 a
	(20.5%)	(42.8%)	(36.7%)	(100.0%)	(50.8%)	(107.7%)	(117.3%)	(100.0%)	(10.4%)	(46.3%)	(43.2%)	(100.0%)
3	175 a	298 a	232 a	705 a	12.77 c	22.41 a	25.08 a	20.94 b	22.33abc	66.78 a	58.19 ab	147.32 a
	(24.8%)	(42.3%)	(32.9%)	(100.0%)	(61.0%)	(107.0%)	(119.8%)	(100.0%)	(15.2%)	(45.3%)	(39.5%)	(100.0%)
5	174 a	284 a	217 a	675 a	16.10 bc	22.62 a	23.75 a	21.31 b	28.01 ab	64.24 a	51.54 b	143.79 a
	(25.8%)	(42.1%)	(32.1%)	(100.0%)	(75.6%)	(106.2%)	(111.5%)	(100.0%)	(19.5%)	(44.7%)	(35.8%)	(100.0%)
7	151 ab	166 b	68 b	335 b	19.66 ab	23.87 a	24.85 a	22.46 a	29.69 a	39.62 b	16.90 c	86.21 b
	(39.2%)	(43.1%)	(17.7%)	(100.0%)	(87.5%)	(106.3%)	(110.6%)	(100.0%)	(34.4%)	(46.0%)	(19.6%)	(100.0%)
9	89 c	84 c	35 c	208 c	21.66 a	24.05 a	24.66 a	23.22 a	19.28abc	20.20 c	8.63 c	48.11 c
	(42.8%)	(40.4%)	(16.8%)	(100.0%)	(93.3%)	(103.6%)	(106.2%)	(100.0%)	(40.1%)	(42.0%)	(17.9%)	(100.0%)

* Means the same letter within each column are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Rangest.
Figures in percentages are percentages relative to individual total or mean valoes.

，其中上、中及下位粒數分別爲127（20.5%）、266（42.8%）及228（36.7%）粒；延遲授粉 3 日或 5 日對總粒數及各部位粒數並無顯著影響，但延遲授粉 7 日時，總粒數遽減爲 385 粒，其原因爲中、下位子粒數大幅降低，上位子粒數並不受影響，在這個例子中，上位子粒數佔總粒數的比例高達39.2%，中、下位所佔比例分別爲43.1與17.7%，顯示以下位子粒所受的影響最大；延遲授粉 9 日的表現又有過之，唯每穗上位子粒數目降低至89粒（表 3），僅爲對照處理之70.1%，亦即吐絲時間較晚之上位穎花的受粉作用已嚴重受阻。

對照玉米植株果穗的平均百粒重爲23.92g，上、中及下位子粒的平均百粒重分別爲12.15、25.76及 28.05g（表 3）；套袋延遲授粉雖似有降低中、下位子粒百粒重的趨勢，但在本試驗中的處理間差異均未達顯著水準；上位子粒之百粒重卻因而提高，尤其以延遲授粉 7 日與 9 日處理分別增加至19.66與 21.66g，效應最爲顯著。在每穗產量方面，套袋 3 日與 5 日與對照處理相同，均爲 145g 左右（表 3），延遲授粉 7 日與 9 日則使產量大幅下降至86.21與48.11g。對照植株中、下位子粒的產量分別爲68.52 與 63.95g，佔一穗粒重之46.3與43.2%，此項數值與比例均因開始授粉時間之延後而下降，下位子粒所受影響尤爲顯著。上位子粒則有相反的表現，對照植株之粒重爲15.43g，僅佔總粒重之10.4%，顯示玉米產量主要由中、下位子粒所貢獻，但如延遲授粉 5 日，上位子粒粒重即增加至28.01g，佔總粒重之比例亦提升至19.5%，套袋處理 7 日的增幅更爲明顯（表 3）。

有效授粉時間長短對子粒性狀的影響示於表 4；授粉 1 日處理植株之一穗總粒數僅爲50粒，不及對照處理（621粒）之 9 %；其中下位子粒（35粒）佔 70%，中位子粒（15粒）佔 30%，上位子粒數爲零。隨著有效授粉期之延長，各部位子粒數目均顯著增加，授粉 5 日處理的表現與對照已無顯著差異，但總粒數及中、下位粒數仍有偏低傾向。

縮短授粉時間雖使果穗粒數降低，但平均百粒重則大幅上升，例如授粉 1 日處理植株爲35.13g，其中中位子粒之百粒重高達 42.00g，下位子粒爲 31.17g，均極顯著超過對照處理（表 4）。有效授粉期 5 日之平均百粒重性狀表現與對照之差異不顯著，但授粉 7 日之中，下位子粒百粒重高於對照，而授粉 9 日之下位子粒與全穗子粒百粒重却低於對照，與上述表現趨勢並不符合。在每穗粒重（產量）方面，授粉 1 日與 3 日分別爲17.56與124.41g，均低於對照之 147.90g（表 4），授粉 5 日與 7 日之產量爲每穗140.18 及 152.97g，與對照相近，授粉 9 日反而降低至 125.23g，與趨勢並不一致。授粉 3 日處理之中，下位子粒產量與對照組已無顯著差異，上位子粒產量亦因授粉時間延長而提高，以有效授粉期爲 5 日以上之產量與對照相同。

討　論

臺農 351 號玉米品種穗頂不充實的現象可能爲穗軸發育不良、穎花未受精及子粒不能充實等三種[1]，在本試驗中係以後二者爲主。玉米穗頂不充實的原因之一爲穗內子粒百育與充實的時序性差異（sequential difference），Bonnett[7] 指出玉米雌穗上穎花是由基部至頂端之方向（acropetal）分化，Frey[10] 認爲頂端穎花之發育最遲而最後受精，子粒開始充實的時間亦最晚。經由本試驗控制有效授粉期以改變果穗不同部位的子粒數目，發現自吐絲始期算起，上位子粒之受粉自第 3 日開始，9 日內完成，與中、下位分別於 5 及 3 日內完成授粉有顯著差異（表 4）；而於吐絲始期行套袋處理，藉以縮短或消除上、下位穎花授粉時間的時序性差異，結果可大幅降低穗頂不充實長度及所佔總穗長之比例（表 1），與王等[1]的結論相同；延遲授粉 3 日與 5 日可顯著增加穗內上位子粒粒數，却不影響總粒數的表現（表 3），顯示同一果穗內不同部位穎花或子粒間相互競爭的程度可能已被降低，將再詳細討論於後；此一推論並可由上位子粒的平均百粒重及產量均能被提高而得到支持，Bagnara and Daynard[6] 亦曾報告延遲授粉可使頂端三分之一部位粒重顯著增加。

上位子粒充實度不如中、下位子粒的另一個原因可能與光合成物質的供需平衡關係及養分需求競爭作用有關，就臺農 351 號品種而言，光合成物質的生產能力頗爲充裕，並無不足之慮，產量主要受

Table 4. Characteristics of kernels grown on the upper, middle and lower portations of Tainung 351 maize ear as affected by various duration of effective polliation*

Days of Effective Pollination	Kernel Number per Ear				100-Kernel-Weight (g)				Kernel Yield (g/ear)			
	Upper	Middle	Lower	Total	Upper	Middle	Lower	Total	Upper	Middle	Lower	Total
CK	127 b	266 a	228 a	621 a	12.15 b	25.76 c	28.05 b	23.92 c	15.43 ab	68.52 a	63.95 a	147.90 a
	(20.5%)	(42.8%)	(36.7%)	(100.0%)	(50.8%)	(107.7%)	(117.3%)	(100.0%)	(10.4%)	(46.3%)	(43.2%)	(100.0%)
1	0 d	15 c	35 c	50 c	0.00 c	42.00 a	32.17 a	35.13 a	0.00 c	6.30 c	11.26 c	17.56 c
	(0.0%)	(30.0%)	(70.0%)	(100.0%)	(0.0%)	(119.6%)	(91.6%)	(100.0%)	(0.0%)	(35.9%)	(64.1%)	(100.0%)
3	38 c	199 b	189 a	426 b	24.74 a	29.15 b	30.16 a	29.18 b	9.40 b	58.01 ab	57.00 ab	124.41 b
	(8.9%)	(46.7%)	(44.4%)	(100.0%)	(84.8%)	(99.9%)	(103.4%)	(100.0%)	(7.6%)	(46.6%)	(45.8%)	(100.0%)
5	136 b	245 a	204 a	585 a	15.52 b	25.74 c	27.46 b	24.03 c	21.11 a	63.06 ab	56.02 ab	140.18 a
	(23.3%)	(41.9%)	(34.8%)	(100.0%)	(64.6%)	(107.1%)	(114.3%)	(100.0%)	(15.1%)	(45.0%)	(40.0%)	(100.0%)
7	136 b	233 ab	204 a	575 a	14.76 b	29.01 b	31.73 a	26.64 c	20.07 a	68.17 a	64.73 a	152.97 a
	(23.7%)	(40.9%)	(35.5%)	(100.0%)	(55.4%)	(108.9%)	(119.1%)	(100.0%)	(13.1%)	(44.6%)	(42.3%)	(100.0%)
9	158 a	232 ab	215 a	605 a	11.39 b	23.55 c	24.46 c	20.74 d	18.00 a	54.64 b	52.59 b	125.23 b
	(26.1%)	(38.4%)	(35.5%)	(100.0%)	(54.9%)	(113.6%)	(117.9%)	(100.0%)	(14.4%)	(43.6%)	(42.0%)	(100.0%)

* Means the same letter within each column are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Rang Test. Figures in percentages are percentages relative to individual total or mean values.

限於積儲容積[13]，而養分是否可充份自穗軸轉移至子粒則可能限制上位子粒之充實[4]；在養分競爭方面，Nishikawa and Kudo[15] 指出穗頂部份穎花無法充份發育，這些穎花雖可受精，但子粒充實在早期即已停止，Poneleit and Egli[17] 認爲上位子粒的積儲强度（sink strength）較弱，因此直線充實期之發生時間及充實速率均不如中、下位子粒；但另有報告建議玉米上位子粒之充實度固然不佳，却仍具有充份發育潛能 Hanft *etal.*[11] 以*in vitro* 方式培養，發現上位子粒之發育可與下位子粒相同，Ou-Lee and Setter[16] 提高玉米穗頂部位溫度，也有相同的結果。本試驗以套袋方式延遲授粉可增加上位子粒百粒重，尤以延遲授粉 9 日處理之百粒重高達 21.66g（表 3），僅給予 3 日之有效授粉期處理更高達24.74g（表 4），顯示上位子粒的充實能力頗高，粒重有再予提高的可能。

但在另一方面，本試驗套袋延遲授粉的部份處理雖然同時增加上位子粒數目與提高其平均百粒重，却降低了中、下位子粒的百粒重（表 3），而隨著有效授粉期自 3 日延長至 9 日，上位子子粒數目逐漸增加（中、下位子粒亦同），百粒重亦明顯降低（表 4），似乎又顯示不同部位子粒間對養分的强烈競爭，以及光合物質供源能力有所不足；不過本試驗曾於子粒充實期間取樣分析非構造性碳水化合物濃度，結果顯示不同部位穗軸在吐絲後42日的濃度均超過20%，而且對照與處理間的差異並不顯著（待發表資料），表示有充份的碳水化合物供應至穗軸部位，與林與劉[4] 以相同材料在不同年度的試驗結果相同，因此推測養分自穗軸轉移至子粒爲影響充實度的重要機制所在；但基於下位子粒百粒重因延遲授粉而降低之事實，仍不能排除不同部位子粒間具有相互影響作用的可能性。

在授粉良好的條件下，玉米果穗上子粒排列緊密，相互間產生機械性限制，因而影響子粒充份發育；如果不改變一穗粒而欲提高百粒重及產量，就必需考慮子粒是否具有較大深（高）度的特性[2]；換言之，子粒平均百粒重可能與其生長空間有關。合併套袋延遲授粉及控制有效授粉日數兩項試驗數據（僅去除套袋 9 日處理），進行粒數與百粒重間的相關分析，發現上位與中位子粒部份的負相關分別達到 5 %與 1 %顯著水準（依序爲 r＝－0.870*與－0.890**），而下位子粒的負相關達10%顯著水準（r＝－0.628），可以提供部份證明；王等[1] 即曾發現玉米臺農351號品種穗軸頂端部位可能發育不良而萎縮，是導致上位子粒充實欠佳的原因之一。

Dow *et al.*[8] 與 Muleba *et al.*[14] 認爲玉米抽穗與吐絲時間差距之長短與產量有密切關係，如果縮小此一差距，可增加結實粒數，並使上位粒重顯著升高[6]，本試驗採取套袋延遲授粉處理，使果穗上不同部位穎花在相近的時間授粉，結果發現經套袋 3 日及 5 日可大幅增加上位子粒的粒數與產量，不影響中、下位子粒粒數，但使其百粒重有降低趨勢（未達 5 %顯著水準），唯總粒數雖然增多，一穗總產量則維持不變（表 3），顯示以套袋方式延後中、下位子粒授粉時間對其充實性可能有不利的影響，而人爲縮短抽穗與吐絲時間差距的實用意義猶待肯定。在另一項具有相對性作用的控制有效授粉日數處理中，則確定穗內不同部位穎花所需有效授粉期的長短及差距，認爲自雌穗吐絲始期開始，最少應有 5 日的花粉供應時間，方可維持較高的子粒產量，可以供爲今後品種選育及實際栽培時的參考。

引用文獻

1. 王强生、曹紹徽、劉大江。1985。玉米臺農351號穗頂不充實原因之探討。中華農業研究34：266—278。
2. 呂宗佳、謝光照、何千里、莊周瑞。1986。馬齒種與硬粒種玉米自交系雜種優勢及組合力之全互交分析。中華農業研究35：145—164。
3. 林淑雯、劉清、劉大江。1990。影響碳水化合物自玉米穗軸轉移至子粒因素之研究1.果穗上位與下位子粒之充實特性。中華農業研究39：29—37。
4. 林淑雯、劉大江。1990。影響碳水化合物自玉米穗軸轉移至子粒因素之研究2.子粒充實期間莖稈與穗軸醣類濃度的變化。中華農業研究39：38—46。
5. 曹紹徽、王强生、劉大江。1986。玉米子粒充實特性之研究。中華農業研究35：23—36。
6. Bagnara, D., and T. B. Daynard. 1982. Rate and duration of kernel growth in the determination

of maize (*Zea mays* L.) kernel size. Can. J. Plant Sci. 62 : 579-587.

7. Bonnett, O. T. 1960. Inflorescences of maize, wheat, rye, barley and oats: their initiation and development. III. Agri. Sta. Bull. 721.
8. Dow, E. W., T. B. Daynard, J. F. Muldoon, D. J. Baker, and G. W. Thurtell. 1984. Resistance to drought and density stress in Canadian and European maize (*Zea mays* L.) hybrids. Can. J. Plant Sci. 64 : 575-585.
9. Egharevba, P. N., R. D. Horrocks, and M. S. Zuber. 1979. Dry matter accumulation in maize in response to defoliation. Agron. J. 68 : 40-43.
10. Frey, N. M. 1981. Dry matter accumulation in kernels of maize. Crop Sci. 21 : 698-701.
11. Hanft, J. M., R. J. Jones, and A. B. Stumme. 1986. Dry matter accumulation and carbohydrate concentration patterns of field-grown and *in vitro* cultured maize kernels for the tip and middle ear positions. Crop Sci. 26 : 568-572.
12. Hofstra, G., and C. D. Nelson. 1969. The translocation of photosynthetically assimilated C-14 in corn. Can. J. Bot. 47 : 1435-1442.
13. Liu, D. J. 1987. Physiological and cultural studies of field corn grown on paddy field in Taiwan. In: Proceeding of Sino-Japan Symposium on Production Technology of Dryland Food Crops in Paddy Field (S. C. Hsieh and D. J. Liu, eds.). Taichung Dist. Agri. Improv. Sta., Changhua.
14. Muleba, N., T. G. Hart, and G. W. Paulsen. 1983. Physiological factors affecting maize (*Zea mays* L.) yields under tropical and temperate conditions. Trop. Agric. 60 : 3-11.
15. Nishikawa, H., and M. Kudo. 1973. Explicational studies on the sterile ear as appeared on mechanized cultivation of the corn plant (*Zea mays* L.). Thoku Agri. Exp. Sta. Res. Rep. 44 : 51-95.
16. Ou-Lee, T. M., and T. L. Setter. 1985. Effect of increased temperature in apical regions of maize ears on starch-synthesis enzymes and accumulation of sugars and starch. Plant Physiol. 79 : 852-855.
17. Poneleit, C. G., and D. B. Egli. 1979. kernel growth rate and duration in mare as affected by plant density and genotype. Crop Sci. 19 : 385-388.
18. Schoper, J. B., R. R. Johnson, and R. J. Lambert. 1982. Maize yield response to increased assimilate supply. Crop Sci. 22 : 1184-1189.
19. Tollenaar, M., and T. B. Daynard. 1978. Kernel growth and development at two positions on the ear of maize (*Zea mays*). Can. J. Plant Sci. 58 : 189-197.

Effect of Controlled Pollination on the Characteristics of Ear and Kernel Development of Tainung 351 Maize[1]

S. H. Tsao, C. S. Wang and D. J. Liu[2]

Summary

Two experiments, grain competition and silking sequence, were conducted by using the single-cross maize hybrid Tainung 351 as experimental material. For grain competition study, pollination was delayed by bagging the ear at silking to reduce the sequential difference in kernel development between kernels positioned at different positions of the ear. For silking sequence study, maize ears were allowed to pollinate for only limited periods of time. The purpose was to study the effect of controlled pollination on the ear and kernel characteristics at maturity. Delay pollination tended to reduce the length ofJunfilled portion at ear-tip, and to increase periphery of upper ear, and both number and yield of kernels at the upper one-third of the ear. On the contrary, kernel number and 100-kernel-weight of the middle and basal kernels were reduced as bagging period was prolonged. Based on the kernel number of the control plant, silking sequence study revaled that pollination of upper spikelets commenced at 3 days after silking (DAS) and was completed at 9 DAS. For middle and basal spikelets, pollination was completed at 5 and 3 DAS, respectively. Negative correlation was recorded between kernel number and 100-kernel-weight. Through changing both kernel number and 100-kernel-weight by controlled pollination, it was assumed that competition existed among kernels at different positions of the ear. An effective pollination period of at least 5 days was also suggested for maintaining kernel yield of th is variety.

Key words : Maize, controlled pollination, kernel-filling, yield.

---

1. Contribution No. 1521 from Taiwan Aggricultural Research Institute, This study was supported in part by a grant (NSC77—0409—B055—04) from National Science Council, Executive Yuan, ROC.

2. Respectively, research assistant, assistant agronomist and senior agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan 41301, ROC.