

## 改善玉米倒伏之灌溉耕犁與氮肥管理<sup>1)</sup>

陳世雄<sup>2)</sup> 楊策群<sup>2)</sup> 朱德民<sup>2)</sup>

(接受刊載日期：中華民國79年6月5日)

**摘要：**玉米倒伏影響產量至鉅，本試驗探討減少倒伏之灌溉、耕犁以及氮素管理方法。利用隔行溝灌可以減少漫灌或全面溝灌造成土壤鬆軟，導致玉米倒伏之缺點；開深溝種植或深耕有利根系深入土層，可能增加對倒伏之抵抗力，且深入之根系得以吸收利用底土養分，從而探討減少肥料施用之可行性。

試驗選擇屬於紅壤、粘板岩及砂頁岩沖積土的四個土系轉作稻田進行，秋作田間灌溉試驗結果顯示，隔行溝灌可以減少秋作玉米倒伏，但不同的土壤其效果有所差異，鹿港系之效果最好。陳厝寮系前作深耕60公分之處理，其抗倒伏效果較隔行灌溉為優，隔行灌溉在深耕區較一般灌溉區增產，但一般整地區則由於紅壤底土肥力太差，不適合隔行灌溉。春作為雨季，旱作可以不必灌溉，氮肥試驗結果顯示，重氮肥在鹿港系較易引起春作玉米倒伏。紅壤陳厝寮系由於底土肥力較差，故重氮肥與輕氮肥倒伏率之差異不大，深耕加谷殼區經過四期作後，其殘效平均尚可增產14%，未加谷殼區則平均僅增產6%，顯然加施谷殼有助於深耕殘效之維持。陳厝寮系及大里系氮肥減施試驗皆顯示，台農351號對氮肥之需求較台南16號為高，氮肥之增產效應亦較高。台農351號較台南16號易倒伏之原因在於果穗相對著生位置較高，莖基部節間較長以及根系分佈較淺。

### 一、前言

導致作物倒伏的原因甚多，通常過度密植或地下蟲害導致根系受害，可能是玉米倒伏的主要原因 (Carter, 1985)。缺鉀和氮肥施用過量也是重要原因之一 (Fisher和Smith, 1960)。缺鉀地區，密植較重氮肥更易引起玉米的倒伏 (Krantz和Chandler, 1951)。在不缺鉀土壤，多施鉀對減少倒伏並無助益，但多施氮肥常引起嚴重之莖腐病而倒伏 (Otto和Everett,

1956)。品種也可能是影響倒伏的一個因素 (Matsuda等, 1983)，在台灣，倒伏的發生主要可能由於降雨或灌溉不當所造成。一般農民由於灌溉頻繁，加以一般沖積土轉作田排水不良，根系多分佈於表土，降雨或灌溉後，因表土鬆軟易於倒伏，利用減少灌溉頻率可以促使玉米根系深入土層，減少倒伏 (楊等, 1987)，不整地開溝種植玉米減少倒伏效果尤佳，但灌溉後遇風仍可能發生倒伏。

改善灌溉方法建立深層根系以減少倒伏，其附帶之利益為增加深層根系對底土養分的利

1) 承蒙農委會76農建-8.1-糧-79(1)計畫補助經費，謹申謝忱。

2) 國立中興大學農藝系副教授、土壤研究所及農藝研究所教授。

用。陳和楊(1985)指出,利用減少灌溉次數可以促使甘蔗根系深入土層,並可減少肥料之施用而獲致增產的效果。本試驗目的在探討減少玉米倒伏的方法,期能發展出減少倒伏之耕犁及水分管理,同時也探討建立深入根系後,降低氮肥施用之可行性及其減少倒伏之效果。

## 二、試驗材料與方法

選擇中南部較大面積土系,試驗隔行灌溉、耕犁及少施氮肥對減少倒伏的效果,為促使根系深入土層並減少倒伏,四個地區皆減少灌溉頻率,並配合開深溝基肥深施方式(楊等,1987)。

1. 試驗土壤:中南部地區選台中縣外埔之紅壤陳厝寮(CCe)系、彰化縣二林之粘板岩沖積土鹿港(Lu)系、中興大學農場砂頁岩沖積土之大里(TTr)系及嘉義縣義竹之砂頁岩沖積土岸內(An)系等四個土壤,其土壤性質列如表一。

2. 供試品種:台南16號(TN16)及台農351號(TNG351)。

3. 田間設計:裂區設計,二重複,大里系四重複,小區面積大里系30平方公尺,其餘土系150平方公尺以上,行株距75×30公分,每公頃以不超過45,000株疏植為原則。

4. 試驗處理:秋作主區為灌溉方法,副區為品種,春作主區為品種,副區為氮肥減施處理。

(1) 主區處理:每隔4至6行開一20公分深之灌溉溝,只有該深溝灌溉,其他行間則不灌溉,地面得保持乾燥,是為隔行溝灌。灌溉於清晨行之,以防午後刮風造成倒伏。對照區行全面灌溉。

(2) 副區處理:對照區每公頃施N素200公斤, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100公斤, K<sub>2</sub>O 60公斤,除氮肥半量於齊膝期當追肥施用外,其餘均作為基肥。氮肥減施處理為減施氮肥四分之一(施150公斤),磷鉀肥照原量施用,除氮肥50公斤於追肥施用外,其餘均當作基

表一、試驗土壤的性質

Table 1. Soil properties of the experimental fields.

Soil series	Depth	Bulk density	Organic matter	pH	P	K	Ca	Mg
		g/cc	%		ppm			
CCe	A	1.28	1.57	5.4	54	64	486	59
	B	1.72	0.30	4.6	ND	64	848	123
Lu	A	1.28	1.55	7.2	112	112	2206	172
	B	1.41	1.22	7.6	110	60	1583	147
TTr	A	1.35	1.91	4.5	58	74	1619	200
	B	1.70	1.15	6.3	4	26	1185	185
An	A	1.34	2.38	6.0	95	115	1562	178
	B	1.55	1.12	7.2	40	58	1585	194

1. A: surface soil (0-20cm), B: subsoil (20-40cm)  
 2. H<sub>2</sub>O: soil = 1:1 3. P: Bray No. 2, ND (Non detectable);  
 K, Ca, Mg: exchangeable (extracted by 0.1N HCl)

肥施於植溝中。陳厝寮系氮肥減半，不施追肥，該土系1985年秋作深耕60公分且每公頃曾施用穀殼3.5公噸及磷礦石12公噸（楊等，1987）。

5. 播種期：1987年秋作為九月上旬，1988年春作三月上旬。

### 三、結果與討論

#### (一) 隔行灌溉對秋作玉米倒伏及產量之影響

秋作在鹿港系，隔行灌溉區玉米之倒伏率為8%，較一般灌溉區之19%降低一倍以上（表二）。陳厝寮系深耕防止倒伏之效果較隔行灌溉處理為佳，四期作前之深耕殘效仍可降低倒伏率一倍，由對照區11%降至5%；隔行灌溉之玉米倒伏率亦由對照區之11%降低至7%。大里系由於在校園內兩旁建築物遮蔽，不易遭風害，隔行灌溉與對照處理倒伏率無差異。陳厝寮系台南16號灌溉處理差異不顯著，但台農351號深耕區隔行灌溉增產27%，顯示深耕區適合隔行灌溉方式，而一般整地處理隔行灌溉則反而減產14%（表三），其主要原因可能由於紅壤底土壓實嚴重且肥力太差，底土20公分之下有效性磷低到無法檢測（表一），一般整地區玉米根系無法深入底土，以隔行方式灌溉，未灌溉行間之大部分表層根系吸收養分不易，產量較差，台農351號由一般灌溉之每公頃6公噸降低到5.2公噸，減產13%（表三），不宜施行隔行灌溉方式。深耕區則由於底土肥力已大幅改善（楊等，1987），實施隔行灌溉方式，可以減少倒伏（表二），而使台農351號每公頃產量由對照區之5.3公噸增加至6.8公噸，增產28%（表三）。一般沖積土底土肥力皆甚佳，沒有缺磷現象（表一），隔行灌溉雖可因減少玉米倒伏而獲得增產，但其效果不顯著，不如土系間之差異顯著（表四）。

台農351號易罹莖腐病而倒伏，試驗期間秋作由於未發生莖腐病，故台農351號及台南16號二品種間倒伏率並無大差異。

鹿港系由於生育初期遇艾貝颱風侵襲而廢耕，十月下旬重新種植早熟台南5號，開深溝打破犁底層，基肥深施處理配合隔行灌溉，每公頃平均產量7.9公噸，較傳統整地及一般灌溉之6.8公噸增產16%（表四），隔行灌溉僅增產4%，效果不顯著。

#### (二) 紅壤深耕殘效對玉米產量之影響

紅壤陳厝寮系試驗田於1985年秋作曾深耕60公分，每公頃施用12公噸磷礦石（楊等，1987），其深耕殘效歷經四期作仍極顯著，且春作效益較秋作為佳（表五）。春作深耕區對氮肥需求甚殷，前作深耕加谷殼區（加谷殼3500公斤/公頃），且施用重氮肥者（氮肥200公斤/公頃）台農351號玉米每公頃產量為8.2公噸，較對照區施輕氮肥（氮肥100公斤/公頃，不施追肥）之5.5公噸增產50%，台南16號增產35%，較深耕施輕氮肥對照區台農351號及台南16號兩品種分別可以增產21及23%，差異極為顯著（表五），可見陳厝寮系深耕改良底土壓實及底土缺磷之效果可以維持四期作以上，且由於紅壤主要障礙，底土壓實及缺磷，已獲得改善，此時氮素可能是產量之限制因子，增施氮肥可以發揮最大肥料效益，故氮素追肥對玉米產量影響極大，有必要於齊膝期（V2）至抽穗期前（V3）之間施用氮素追肥，以提高其生產潛能。

整體而言，深耕加谷殼區增產殘效平均為14%，未加谷殼區平均僅增產6%，重氮肥區平均較氮肥減施區增產21%。

台農351號對氮肥之需求較台南16號為大，氮肥之效應亦較高（表五），台農351號每公頃增施100公斤氮肥，其增產效應為1523公斤，台南16號只有1038公斤，兩者相差485公

表二、秋作隔行灌溉及春作減施氮肥對玉米(台農351)倒伏率(%)之影響

Table 2. Lodging percentage of corn (TNG351) as affected by irrigation and nitrogen fertilizer, fall 1987 and spring 1988

Crop season	Treatment	Tillage	Soil series	
			CCe	Lu <sup>1</sup>
Fall	Limited irrigation	Deep(60cm)	4g	-
		Conventional	7f	8ef
	Control	Deep(60cm)	5f	-
		Conventional	11def	19c
Spring	Heavy nitrogen (200kg N/ha)	Deep(60cm)	15cde	-
		Conventional	24bc	36a
	Reduced nitrogen	Deep(60cm)	12cdef	-
		Conventional	18cd	29b

1: " - " means without such treatment.

2: CCe reduced to 100kg N/ha, Lu 150kg N/ha.

3: Values followed by the same letter are not significantly different at p=0.05.

表三、隔行灌溉及深耕殘效對紅壤陳厝寮系秋作玉米產量(公斤/公頃)之影響

Table 3. Corn grain yield (kg/ha) as affected by irrigation and deep tillage on a latosol (CCe), fall 1987

Tillage	Variety	Irrigation	
		Limited	Control
Deep(60cm)	TNG 351	6752a	5319c
	TN 16	5128c	5036c
Conventional	TNG 351	5204c	6045b
	TN 16	5607bc	5277c

表四、隔行灌溉及整地方式對三個沖積土秋作玉米產量(公斤/公頃)之影響

Table 4. Corn grain yield (kg/ha) as affected by irrigation methods and tillage on some alluvials, fall 1987

Soil series	Tillage	Variety	Irrigation	
			Limited	Control
An	Deep(30cm)	TNG 351	7800ab	7550ab
		TN 16	7616ab	7450ab
	Control	TNG 351	8020a	7562ab
		TN 16	8229a	7854ab
TTr	Deep(30cm)	TNG 351	5769d	5401de
		TN 16	5743de	5780d
	Control	TNG 351	6019d	6180d
		TN 16	6472cd	5843d
Lu	Deep(30cm)	TN 5	7913ab	7748ab
		Control	TN 5	7134b

表五、深耕殘效對陳厝寮系春作玉米產量(公斤/公頃)之影響  
Table 5. Corn grain yield (kg/ha) as affected by deep tillage on Chentsoliao (CCe) series, spring 1988

Tillage	Variety	Nitrogen	
		200 kg/ha	100 kg/ha
Deep(60cm)+ rice hull	TNG 351	8198a	6748bc
	TN 16	7392b	5875d
Deep(60cm)	TNG 351	7401b	5952d
	TN 16	7056b	5942d
Control	TNG 351	7142b	5472d
	TN 16	6356c	5875d

斤，故在肥力較差之土壤（如紅壤）栽培台農351號有必要增施氮肥，可以獲致增產。

#### (三) 氮肥減施對春作玉米倒伏及產量之影響

岸內系及鹿港系之台南16號施用重氮肥區反而減產，主要可能由於重氮肥易於引起倒伏，但台農351號則施重氮肥仍然增產，顯然品種間有相當大的差異。類似岸內系及鹿港系肥力甚高之老沖積土，栽培不耐重氮肥之台南16號玉米，不宜施用過量之氮肥，以免助長倒伏，且施用追肥之時期宜加以斟酌，應避免太早施用，若能改於V3期（雄穗抽出前）少量施用當穗肥，可能有助於減少倒伏。

大里系土壤pH較低，肥力較差，氮肥仍有其效應。氮肥對台農351號玉米之肥效亦高於台南16號，每公頃增施50公斤氮素可以使台農351號增產857公斤，台南16號則增產772公斤（表六）。

#### (四) 玉米品種間抗倒伏性之差異

春作大里系試驗田外種植台農351號及台南16號兩個品種各0.1公頃，在抽穗期因強烈風雨而使台農351號倒伏95%以上，但台南16號倒伏率則低於8%，調查兩品種相對果穗著生位置（穗高/株高），台農351號果穗相對著生位置較高，為62%，台南16號則為50%，亦即台農351號果穗相對較台南16號高出12%，以致重心太高容易倒伏。其次調查根系分佈，台農351號90%以上根系分佈於30cm土層內，分佈較淺；台南16號則有90%以上根系分佈於50cm土層。莖基部節間亦以台南16號較台農351號短3-5%，是故抗倒伏品種之選拔育種可能是防範玉米倒伏之可行方法。台農351號玉米根系分佈較淺，可能也是其需要較高氮肥之主要原因。

## 四、結論

表六、氮肥減施對沖積土春作玉米產量(公斤/公頃)之影響  
Table 6. Corn grain yield (kg/ha) as affected by reducing nitrogen fertilizer on 3 alluvials, spring 1988

Soil series	Tillage	Variety	Nitrogen	
			200 kg/ha	150 kg/ha
An	Deep (30cm)	TNG 351	7221cde	8325a
		TN 16	8064ab	8336a
	Control	TNG 351	8170a	7733abc
		TN 16	7328bcde	8032ab
TTr	Deep (30cm)	TNG 351	8362a	7390abc
		TN 16	7586abc	6357fgh
	Control	TNG 351	7304bcde	6562ef
		TN 16	7176cde	6860def
Lu	Deep (30cm)	TNG 351	7232cde	6965def
		TN 16	6613ef	7349bcde
	Control	TNG 351	6485fg	5397h
		TN 16	6048gh	7093de

本試驗利用隔行灌溉的方式，在大多數地區皆可有效降低玉米倒伏率。因而使玉米增產。但在底土肥力不良之紅壤，隔行灌溉可能並不適當。深耕有助於玉米建立深入根系，降低倒伏率，因而獲得增產。在肥力良好之老沖積土，施用重氮肥可能增加台南16號玉米倒伏率，減施氮肥可以降低玉米倒伏，反而比重氮肥區增產。

台農351號對氮肥之需求高於台南16號，

故氮肥對台農351號之肥效較高，肥料推薦量除考慮土壤肥力差異外，亦應考慮品種之反應，但由於台農351號玉米產量並不比台南16號高，故其較高之氮肥需求主要在反映其根系分佈較淺的缺點。台南16號較台農351號抗倒伏，主要在於果穗相對著生位置較低、根系分佈較深、莖基部節間較短，選種可望有效改善玉米倒伏。

## 五、參考文獻

- 陳榮民、楊策群 1985 擬訂蔗田灌溉制度的新觀念。中華民國農學團體七十四年度聯合年會特刊77-97。
- 楊策群、朱德民、陳世雄 1987 改進整地與灌溉方法對轉作玉米產量之影響。台灣省政府農林廳(編)土壤肥料試驗報告25-36頁。
- Cater, P.R. 1985. Corn lodging prevention. *Crops and Soil* 37: 8-11.
- Fisher, F.L., and O.E. Smith. 1960. The influence of nutrient balance on yield and lodging of corn. *Agron. J.* 52: 201-204.
- Krantz, B.A., and W.V. Chandler. 1951. Lodging of corn as influenced by nitrogen. *Agron. J.* 43: 547-552.
- Matsuda, T., H. Kawahara, and N. Chonan. 1983. Histological studies on breaking resistance of lower internodes in rice, the secondary wall formation. *Jap. J. Crop Sci.* 52: 84-93.
- Otto, H.J., and H.L. Everett. 1956. Influence of nitrogen and potassium fertilization on the incidence of stalk rot of corn. *Agron. J.* 48: 301-305.

## Improvement of corn lodging by irrigation, tillage and nitrogen management <sup>1)</sup>

Chen, Shih Shiung <sup>2)</sup> Tse Chung Yang <sup>2)</sup> Teh Ming Chu <sup>2)</sup>

(Received for publication: June 5, 1990.)

### Summary

Attempts were made to improve lodging of corn by limiting furrow irrigation (1 in 4-6 furrows), deep tillage and reducing nitrogen fertilizer. Field experiments were held on a latosol and 3 alluvials located at central and southern Taiwan.

Results showed that limited furrow irrigation effectively reduced corn lodging. Among the 4 soil series, Lukang(Lu) series gave the best response, but the latosol, responded negatively with a decrease of corn yield.

Deep tillage to 60cm on the latosol produced a lower lodging percentage (4%) than that on the control plot (7%) with the limited furrow irrigation treatment. The control with normal irrigation and without deep tillage gave a result of 11% lodging. Deep tillage to 60cm with 3500kg/ha rice hull and 12000kg/ha rock phosphate added in the previous crop showed a 14% increase of yield, while deep tillage without hull added only increased 6%.

Heavy nitrogen fertilizer caused a higher lodging percentage of corn and a lower yield on alluvials, yet it caused a higher yield on the latosol, the lodging percentage was the same, though. Different varieties responded differently to the addition of nitrogen fertilizer. TNG 351 showed a higher demand for nitrogen and therefore gave a stronger response than TN 16 cultivar.

- 
- 1) This experiment was supported by the Committee of Agriculture of Executive Yuan.  
2) Associate professor of Department of Agronomy, professors of Research Institute of Soil Science and Agronomy, respectively.