氮肥用量、栽培季節、行距及成熟度對暗玉米蛋白質含量的影響[1]

張翊袖　萬　雄　呂宗佳　鄭心嫻[2]

摘要　本試驗以兩個暗玉米單交種，分別在臺北及臺中兩地研究不同栽培季節（春作及秋作），氮素用量（60, 100, 140kg/ha），行距（60及80公分）及成熟度對子粒蛋白質含量的影響，以供高蛋白育種選拔時之參考。結果顯示單交種（TA 604—1 B×TA 614—P）較單交種（TA 602—3 C×TA 611—1 B）之蛋白質含量爲高。春作平均蛋白質含量13.88%，高於秋作12.29%。氮素用量提高則蛋白質含量亦隨之增加，三種氮素用量的蛋白質含量各爲12.51%，13.17%，及13.57%，差異顯著。行距不同對蛋白質含量影響很少，可能由於寬行距80公分已很密植，而不再顯示影響。

蛋白質分析時樣品之採取，由於同一果穗不同部位的子粒，以及同一植株不同果穗之蛋白質含量，均無顯著的差異，故分析蛋白質含量時不需考慮植株上果穗的位置及果穗上子粒的部位。玉米成熟度對蛋白質含量有很大的影響，未熟玉米含有較高的蛋白質，愈趨成熟含量愈低，春作在四週後，冬季裡作七週後蛋白質含量才趨穩定，故欲比較不同品種或分離族羣植株間之蛋白質含量，必需收穫充分成熟之果穗。

一、引　言

暗玉米（opaque—2）子粒的胚乳蛋白質中，離氨酸的含量較普通玉米約增加70%，因此其營養價值提高，各國學者基於此一原因乃從事暗玉米品種的改良。著者等自1967年開始在臺灣進行高離氨酸玉米的育種，惟由於普通暗玉米雖含有較高的離胺酸，其蛋白質含量仍與普通玉米相似，約爲8—10%左右。吾人如能將暗玉米的蛋白質含量提高，則暗玉米的價值將更爲增加。欲改良玉米的蛋白質含量，首先需考慮環境因素，如氮肥用量，栽培季節及種植密度以及取樣分析等因素對玉米蛋白質含量的影響，藉使育種選拔確實可靠。著者等在進行高蛋白玉米的育種，同時研究這些環境因素對暗玉米蛋白質含量的影響，以供育種時的參考。本報告即爲此項研究的結果。

二、前人研究

環境因素對玉米蛋白質含量的研究甚多，但均係對普通玉米的報告。Hayes氏（1922）報告不同地區及行距對玉米蛋白質含量具有影響，同時他發現不論任何品種，在不同地區栽培時，蛋白質含量具有差異；而行距放寬，玉米蛋白質含量增加，行距108吋者，蛋白質含量爲11.62%，行距96吋者僅10.58%。

Arbuckle 氏等（1926）指出，氣候、肥料和品種均可影響玉米子粒蛋白質含量，但是不同種類的土壤則很少影響。

Dotty 氏等（1943）在印第安納州以雜交種及天然混交的普通玉米品種爲材料，研究不同土壤

（1）臺灣省農業試驗所試驗報告第七六一號。本研究承中正科學技術研究基金會補助研究經費，謹此致謝。

（2）前臺灣大學農藝系研究生、臺灣省農業試驗所所長及技士。

，栽培季節及成熟度對蛋白質含量的差異，發現在1938～1940三年中，蛋白質含量以1938年最低，而1940年最高，認爲氣候對玉米蛋白質含量影響很大。至於不同成熟度的玉米，一般在抽絲期後三至四週，蛋白質含量較高，四週以後，不論成熟度如何，變化極少。不同土壤雖具有影響，不過視年份而異，並不一致。

Earley & DeTurk 氏等（1948）指出，當土壤中的氮肥在栽培密度較高，可是尚不足以獲得最高產量時，增加栽培密度始爲減少蛋白質含量的重要因子。並謂蛋白質含量隨著較高栽培密度而降低的程度，在土壤中氮肥含量高時，降低的程度較爲輕微。

Prince 氏（1954）用三種玉米品種 Dixie 17, N. C. 27，和 Douthits' Prolific 在粉砂粘壤土研究氮肥用量對玉米蛋白質含量的影響（15、55、95及135磅/畝）時，發現氮肥的用量和玉米子粒蛋白質及 Zein 含量之間有直接關係，增加氮的用量使 Zein 部份含量的增加速度比全蛋白質更快。至於栽培密度（4,000、7,000、10,000、13,000株／畝）的研究，則發現栽培密度增加時，蛋白質含量減少， Zein 部份亦隨之減少。三個品種中，不論氮肥用量和栽培密度 Douthit's Prolific均較其他二品種之蛋白質含量爲高，而且 Zein 的比例亦較高，Dixie 17蛋白質最低， Zein 含量亦最少。

Zuber 氏等（1954）用 US 13，MO 804和 Dixie 17 三個雜交種 ， 研究氮肥用量（0、50、120、250磅/畝）及栽培密度（8,100～8,400、10,097～11,741、13,349～14,757、15,999～16,794株／畝），對蛋白質含量的影響時， Dixie 17 蛋白質含量最低，而 MO 804 最高；三個雜交種對氮肥用量的反應一致，增施氮肥蛋白質含量提高。至於栽培密度則以8,100～8,400株/畝和10,097～11,741株/畝比高密度的玉米，其蛋白質含量顯著增加，並發現最低栽培密度和最高氮肥用量(250磅/畝）的玉米蛋白質的含量最高。

Genter 氏等（1956）在 Virginia 州六個不同地區用八個玉米雜交種，研究氮肥用量（60、120、180磅/畝）及栽培密度（10,000及16,000株/畝）的影響。發現品種間蛋白質含量具有差異， 且地區對蛋白質含量亦有明顯影響。在良好生長季節，增施氮肥可使蛋白質含量顯著增加。栽培密度高再增施氮肥可增加蛋白質含量，但在氮肥用量180磅/畝時，栽培密度16,000株/畝和10,000株/畝的蛋白質含量幾乎一樣，並獲得最高的蛋白質產量（515磅/畝），因爲在此一情況下子粒產量和蛋白質含量均高。

Lang 氏等（1956）於 Urbana 用九個單交種，在四年輪作制（玉米—玉米—玉米—大豆）的第三年作爲低氮肥的土壤，而以加施70磅氮肥者爲中等氮肥土壤，並以另一四年輪作制（玉米—燕麥—紅蓿苜—小麥）的土壤視爲高氮肥土壤，在不同的栽培密度（4,000、8,000、12,000、16,000、20,000、24,000株/畝） 下研究對蛋白質含量的影響。結果發現玉米子粒蛋白質含量隨栽培密度的增加和氮肥的減少而降低，當栽培密度達16,000株／畝時，蛋白質含量顯著減少，更高的栽培密度影響極微，不論何種栽培密度，增加氮肥用量均有增加蛋白質含量的趨勢。

Stickler 氏（1964）在 Kansas 三個不同地點的無灌溉區研究不同行距 （20、30、40吋）及栽培密度(8,200、9,800、12,100、15,700、22,400株/畝)對玉米 K—1859(WF9×N6)(K148×K150）品種蛋白質含量的影響，結果顯示行距40吋的玉米，蛋白質含量隨栽培密度增加而逐漸減少，20吋和30吋行距的玉米，其蛋白質含量在各種栽培密度下則差異不大。另外在灌溉區研究栽培密度16,000、20,000、24,000株/畝）的影響時， 發現不同行距對子粒蛋白質含量無顯著的影響， 但是三種行距平均蛋白質含量在較低的栽培密度（16,000株/畝）下比高密度（24,000株/畝）者顯著提高。

East & Jones氏等（1920）在普通玉米中發現， 同一植株不同部位的果穗，蛋白質的含量相似。

Nelson 氏（1969）研究由伊利諾高蛋白品系轉變而來的 opaque—2 玉米族羣中，如在果穗上選取單粒種子分析蛋白質的含量，發現果穗上單粒種子爲高蛋白時，所有種粒都爲高蛋白，很少變異。

三、材料與方法

（一）環境因素對暗玉米子粒蛋白質含量的影響

1. 供試品種：本試驗所用暗玉米品種爲臺灣省農業試驗所育成的兩個高離氨酸玉米單交種（TA 602—3C×TA611—1B）及（TA 604—1B×TA614P）

2. 栽培因素：

（1）氮肥用量：氮素用量計分60、100、140公斤/公頃三種。

（2）行距：分60公分及80公分兩種。

3. 試驗設計：本試驗就二品種、三種氮肥用量及二種行距組成十二種處理，行長 4.5 公尺，株距30公分，三行區，重複三次。

4. 試驗地區及季節：同一試驗分別在臺北及臺中兩地區，並分春作（1974春）及秋作（1973秋）兩季進行試驗。

5. 蛋白質含量的分析：玉米成熟收穫後，每小區就中間行採收果穗，選取 4 個，以Dye-binding 原理估計蛋白質含量的 Udy 快速蛋白質分析儀，測定各處理玉米蛋白質的含量，以乾物質百分率表示之。

（二）暗玉米子粒蛋白質分析取樣技術的研究

1. 果穗上不同部位子粒蛋白質含量的差異：本試驗之材料，係就1973年秋作環境因素試驗中，氮素100公斤/公頃，行距60公分的試區，每重複各取 3 果穗，每一果穗劃分爲頂端、中部、基部三部位，分別脫粒；而後測定蛋白質含量，加以比較。

2. 植株上不同部位果穗子粒蛋白質含量的差異：本試驗之材料，就1973年秋作臺北及臺中兩地之環境因素試驗中，取同一植株上具有兩粒果穗者採收之，分別分析其子粒蛋白質的含量。

（三）成熟度對玉米子粒蛋白質含量的差異本試驗使用暗玉米單交種（TA602—1×TA614—P）爲材料，在雌穗吐絲期，選取同日吐絲之植株套袋授粉，然後在授粉後四、五、六、七、八各週，各採收一次，每期採收果穗 3 ～ 5 個，測定子粒含水率及蛋白質含量。本試驗於1974年11月及1975年 3 月各進行一次。

四、試驗結果

（一）環境因素對暗玉米子粒蛋白質含量的影響

1973年秋作試驗，臺北地區於 8 月31日播種，同年12月18—31日期間採收；臺中地區於 8 月29日播種，12月 8 日一次採收完畢，比臺北地區早熟約 2 ～ 3 星期。1974年春作試驗，臺北地區於三月初，臺中地區於三月底播種，兩地同於七月初採收。茲將各處理暗玉米子粒之蛋白質含量的測定結果，列於表 1。

根據春秋兩季在臺北及臺中兩地試驗結果，將每一季節及每一地點的四個試驗單獨分析，並以 Bartlett 氏方法測定其機差均方的均度。四個試驗之機差係由同一族群的樣品而來，故進行綜合分析，如表 2。表 2 中，各種交感均不顯著，因此，F 值均以機差均方爲基礎而測定其顯著性，依據F值，可知栽培季節及不同處理間的蛋白質含量差異顯著，春季栽培的玉米平均蛋白質含量（13.88%），顯然較秋季栽培者（12.29%）爲高（詳見表 1）。

至於不同處理間，由於處理中包括氮肥用量，行距及品種三主效應及其交感效應，究竟以何項因子對蛋白質含量的影響爲大，乃將處理的十一個自由度再行劃分，測定其顯著性。分析結果（表略）顯示不同氮肥用量及品種之間的蛋白質含量有極顯著的差異，其他交感則均不顯著。茲將各氮肥用量及品種的蛋白質含量的差異比較於表 3. 單交種 "TA604—1B×TA614－P" 的蛋白質含量爲

表 1　栽培季節、氮肥用量及行距等不同處理之玉米子粒蛋白質含量（乾物量%）

Table 1. The percent protein of opaque-2 corn kernels from different planting seasons, nitrogen levels and spacing (% dry matter)

處理 \ 季節			春作		秋作		平均	
品種	氮肥 kg/ha	行距 (cm)	臺北	臺中	臺北	臺中	行距	氮肥
(TA 602—3C) × (TA 611—1B)	60	60	12.3	12.7	11.4	11.3	11.93	12.12
		80	12.9	12.7	11.9	11.7	12.30	
	100	60	13.3	13.3	12.4	11.9	12.73	12.72
		80	13.2	13.2	12.6	11.8	12.70	
	140	60	14.2	13.7	12.6	12.9	13.35	13.19
		80	13.7	13.9	12.5	12.0	13.03	
(TA 604—1B) × (TA 614—P)	60	60	13.7	13.7	12.2	11.5	12.78	12.91
		80	14.2	14.1	12.3	11.5	13.03	
	100	60	14.9	14.5	12.3	12.6	13.58	13.64
		80	14.7	14.2	12.9	13.0	13.70	
	140	60	14.9	14.6	12.8	13.2	13.88	13.96
		80	15.4	15.0	12.7	13.0	14.03	
平均	地區		13.95	13.80	12.38	12.20		
	季節		13.88		12.29			

表 2　環境因素對暗玉米子粒蛋白質含量影響綜合變方分析表

Table 2. Combined analysis of variance for the effects of environmental factors on protein content of opaque-2 corn kernels

變異原因	自由度	平方和	均方	F
區集 (B)	8	95.13		
季節 (S)	1	91.52	91.52	234.67**
地區 (L)	1	1.25	1.25	3.20
季節×地區 (S×L)	1	0.01	0.01	0.03
處理 (T)	11	54.32	4.94	12.57**
處理×季節 (T×S)	11	8.15	0.74	1.90
處理×地區 (T×L)	11	1.02	0.09	0.21
處理×季節×地區	11	3.80	0.35	0.90
機差	88	34.01	0.39	
總和	143	196.44		

表3　氮肥用量及品種間玉米子粒之蛋白質含量（乾物量%）

Table 3. Mean percent protein of different varieties and nitrogen levels (% dry matter)

品種＼氮肥	氮肥 (kg/ha) 140	100	60	平均
(TA602—3C) × (TA611—1B)	13.18	12.71	12.13	12.67
(TA604—1B) × (TA614—P)	13.96	13.64	12.90	13.50
平均	13.57	13.17	12.51	

差異顯著所需差數：氮肥用量　0.21%（5%），0.27%（1%）。
品　種　0.25%（5%），0.34%（1%）。

13.50%，較單交種"TA602－3C×TA611－1B"的12.67%爲高。氮肥用量對蛋白質含量有極大的影響，用量愈多蛋白質的含量愈高，施用氮素60公斤／公頃者，蛋白質含量最低，爲12.51%；100公斤／公頃者爲13.17%；而施用140公斤／公頃者13.57%，爲最高。三種氮肥用量間的差異均極顯著。

(二) 暗玉米子粒蛋白質分析取樣技術的研究

1.果穗上不同部位子粒蛋白質含量的差異

本試驗果穗不同部位子粒蛋白質含量之分析結果，顯示果穗上不同部位子粒的蛋白質含量並無顯著差異（詳如表4）。因此同一果穗上的子粒，可以混合脫粒，逢機選取樣品以分析蛋白質的含量，品種間的蛋白質含量，則仍以（TA604－1B）×（TA614－P）爲高，惟異差並不顯著。

2.植株上不同部位果穗上子粒蛋白質含量的差異

本試驗之玉米植株，具有兩枚果穗者不多，計臺北5株，臺中14株，其上下位果穗的子粒蛋白質含量分析結果，如表5。不同植株間蛋白質的含量似有較大的差異，但以駢對法測驗結果，不論臺北或臺中的試驗，上下位果穗的平均蛋白質含量均無顯著差異。因此在分析蛋白質時，不致因取樣問題而發生偏差。不過由於上位果穗一般都發育較早，亦較正常，仍以採用上位果穗的子粒以供分析爲宜。

表4　暗玉米果穗上不同部位子粒之蛋白質含量（乾物量%）

Table 4. Percent protein of kernels from different parts of ear of the opaque-2 corn

品種＼部位	頂端	中部	基部	平均
(TA602—3C) × (TA611—1B)	11.6	11.9	11.8	11.8
(TA604—1B) × (TA614—P)	12.2	12.6	12.3	12.4
平均	11.9	12.3	12.1	

表5　玉米植株不同部位果穗上子粒之蛋白質含量（乾物量%）

Table 5. Percent protein of kernels from upper and lower ear of the corn plant

臺北			臺中		
品種*—氮肥—行距	上位果穗	下位果穗	品種*—氮肥—行距	上位果穗	下位果穗
A— 100 — 60	11.6	11.8	A— 60 — 60	12.8	11.9
B— 60 — 60	12.4	12.2	A— 60 — 80	11.8	11.8
B— 60 — 80	11.3	12.6	A— 100 — 60	14.2	15.0
B— 100 — 60	11.8	11.5		14.4	15.4
B— 100 — 80	12.2	13.8	A— 140 — 60	13.9	11.5
				14.4	14.5
				13.8	13.4
			B— 60 — 80	13.0	14.1
				8.5	8.4
			B— 100 — 60	13.3	13.6
				13.5	13.0
			B— 140 — 60	11.1	12.8
				12.5	14.2
			B— 140 — 80	12.7	14.3
平均	11.86	12.38		12.85	13.14

* 品種：A—（TA602—3C×TA611—1B），B—（TA604—1B×TA614—P）

臺北：　σ^2=0.767　t=1.326　不顯著

臺中：　σ^2=1.318　t=0.945　不顯著

（三）成熟度對玉米子粒蛋白質含量的差異

本項試驗使用暗玉米單交種"TA602－1×TA614－P"爲材料。1974年11月中旬在臺中進行試驗。由於生育期間爲冬季，氣溫較低，生長緩慢，至二月中旬方始開花，因此在1975年3月再進行春作試驗。茲將1974冬作及1975春作兩次試驗所得結果，列於表6。根據春、裡作兩次試驗結果，百粒重隨成熟度而增加，水分則反是；蛋白質含量則隨成熟度而減低。但春、裡兩作的情況完全不同，裡作由於氣溫低，成熟慢，蛋白質含量約在授粉後7週（約50天）達到穩定；而春作則由於成熟期氣溫高，成熟快，所以在授粉後4週（約一個月），蛋白質含量即趨穩定。由於此一結果，可知成熟度對玉米子粒蛋白質含量具有很大的影響，未熟子粒蛋白質含量較高，因此在蛋白質含量的遺傳與育種研究上，必需採收成熟種子，測定其蛋白質的含量。尤以冬季裡作進行試驗，宜特別注意成熟度的問題。

表6　不同成熟度玉米子粒之蛋白質含量（乾物量%）

Table 6. The percent protein of opaque-2 corn kernel with different degrees of maturity

成熟度（授粉後週數）	果穗數		含水率(%)		百粒重(gm)		蛋白質含量(%)	
	春作	裡作	春作	裡作	春作	裡作	春作	裡作
4	4	3	50.7	67.5	16.82	6.34	14.06	15.74
5	5	3	38.8	61.3	17.39	11.12	13.92	13.65
6	2	3	26.3	54.5	17.19	15.00	14.08	13.08
7	4	5	16.7	46.6	20.11	22.05	13.64	12.19
8	—	5	—	37.6	—	24.74	—	10.57
9 (64天)	—	3	—	28.8	—	26.73	—	12.35
10 (68天)	—	3	—	30.5	—	26.90	—	12.94

五、討　論

本試驗中，除所用兩個 opaque—2 玉米的單雜交種蛋白質含量具有差異外，各種栽培環境因素中僅氮肥用量對蛋白質含量具有影響（表3），此一結果與 Zuber 氏等（1954）的結果相一致，並顯示氮肥和蛋白質的合成有直接關係（Prince, 1954）。Earley 與 DeTurk 氏等（1948）曾指出少量施用氮肥增加子粒的產量，對蛋白質含量則很少影響，但是額外增施氮肥增加蛋白質合成，對產量的增進却無效果。本試驗雖未考慮玉米的產量問題，但從表3所示，不論 TA 602—3C×TA 611—1B 或 TA 604—1 B×TA 614—P 兩品種，當每公頃施用 140公斤氮素時，其蛋白質含量顯較只施 60 公斤氮素者爲高，即使每公頃施用 100公斤氮素者，蛋白質含量亦較施用 60公斤氮素者爲高，所以增加氮肥用量確有增加蛋白質合成的趨勢。

行距由60公分放寬至80公分，對蛋白質含量無任何影響（表3）。本試驗行距80公分，株距30公分，每公頃達41,700株（合16,600株／畝）；行距60公分時，則每公頃達55,000株（合22,000株／畝），表示80公分行距已屬密植，雖行距再行縮小爲60公分，就本試驗土壤肥力及氮肥用量而言，已對蛋白質含量很少影響，此一結果與 Lang 氏（1956）報告，當栽培密度達16,000株／畝時，不再有影響相符。不過 Stickler 氏（1964）研究同一行距不同株距時的結果，寬行距40吋時，密植才降低玉米蛋白質的含量，而20吋（51公分）及30吋（76公分）行距時，則株距不同（16,000～ 24,000株／畝）時，玉米子粒蛋白質含量亦無顯著差異，與本試驗的結果一致。雖然其結論稱三種行距的平均結果，16,000株／畝的蛋白質含量，較20,000或24,000株／畝者爲高， 可能係受大株距差異的影響所致。總之，栽植密度對蛋白質含量間具有關係，不過僅在疏植與密植之間，始能產生顯著的差異。

不同季節所生產的玉米，蛋白質含量有顯著的差異，本試驗顯示春作平均蛋白質含量比裡作爲高（表1）。此現象可能之解釋爲1973年裡作玉米生育期中於追肥施用後不久，田間因雨水過多，曾發生積水現象，氮素有被淋失之虞。而1974年春作玉米生育後期雖遇多雨，惟此時子粒已屆成熟，氮素對玉米子粒的影響已少，故使玉米子粒蛋白質含量因多氮而提高。至於臺北、臺中兩地生產的玉米，蛋白質含量幾乎相似，此可能係兩地試區土壤型和土壤肥力相似之故。一般作物的反應均有氣候（年份）大於地區的現象，所幸各種交感效應均不顯著，使高蛋白質玉米的育種工作大爲簡化。

目前本省普通玉米的栽培法是行距60公分，株距30公分，氮素100～125公斤／公頃，磷酸63公斤

／公頃，鉀50公斤／公頃，這種栽培法對於高蛋白暗玉米的選拔及分析上，祇要注意不同季節間的差異，在同一地點而言，似乎相當穩定。

作物品質的改進，涉及作物成分的分析，因此樣品的採取，以減少取樣誤差非常重要。本試驗就同一個玉米果穗，不同部位的子粒及同一植株上不同莖節的果穗加以研究，蛋白質的含量沒有顯著差異，East 與 Jones 氏等 (1920) 在普通玉米中發現同一植株不同部位的果穗，蛋白質含量相似的結果一致，使玉米子粒蛋白質含量分析時的取樣大爲簡化。不過一般上位果穗之發育較爲正常，如能以此爲代表仍較可靠。

玉米育種過程中雜交後代的分離族群，單株之間或品系間，成熟期有早晚之別，而且更有栽培季節的不同，採收熟度可能不完全一致。本試驗發現未熟玉米子粒蛋白質含量較高，以後隨子粒漸趨成熟而含量達到穩定。故欲比較品系間或分離族群中各單株的蛋白質含量，務需採取充分成熟的玉米果穗分析之，尤其秋季裡作氣溫低，成熟慢，更應注意。當比較春、秋兩作的蛋白質含量時，由於兩期作環境不同，影響玉米的熟度，在比較時，宜另有對照，避免導致錯誤的選拔結果。

參 考 文 獻

1. Arbuckle, H. B., & O. J. Thies, Jr. 1926 Variation of protein content of corn. V. J. Alisha Mitchell Sci. Soc. 42 : 113-117 (Chem. Abs. 21 : 3649).
2. Dotty, D. M., M. S. Bergdoll & S. R. Miles. 1943 The chemical composition of commercial hybrid and open-pollinated varieties of dent corn and its relation to soil, season and degree of maturity (A preliminary report). Cereal Chem. 20 : 113-120.
3. Earley, E. B. & E. E. DeTurk, 1948 Corn protein and soil fertility. Amer. Seed Trade Assoc. Hybrid Corn Div. Annual Rep. 3 : 84-95.
4. East, E. M. & D. F. Jones. 1920 Genetic studies on the protein content of maize. Genetics 5 : 543-610.
5. Genter, C. F., J. F. Eheart & W. N. Linkous, 1956 Effects of location, hybrid, fertilizer and rate of planting on the oil and protein contents of corn grain. Agron. Jour. 48 : 63-76.
6. Hayes, H. K. 1922 Production of high protein maize by Mendelian methods. Genetics 7 : 237-257.
7. Lang, L. A, J. W. Pendleton & G. H. Dungan, 1956 Influence of population and nitrogen levels on yield and protein and oil contents of nine corn hybrids. Agron. Jour. 48 : 284-289.
8. Nelson, O. E. 1969 The modification by mutation of protein quality in maize. IAEA Publ. (Vienna) 212 : 41-45.
9. Prince. A. B. 1954 Effects of nitrogen fertilization, plant spacing and variety on the protein composition of corn. Agron. Jour. 46 : 185-186.
10. Stickler, F. C. 1964 Row width and plant population studies with corn. Agron. Jour. 56 : 438-441.
11. Zuber, M. S., G. E. Smith and C. W. Gehrke, 1954 Crude protein of corn grain and stover as influenced by different hybrids, plant populations and nitrogen levels. Agron. Jour. 46 : 257-261.
12. 萬　雄：1973，高蛋白 opaque-2 玉米的育種，科學農業21：1—5。
13. 萬　雄、湯文通、張新吉，1968，玉米蛋白質的改良及其營養價值，科學農業16：189—196。

EFFECTS OF NITROGEN, PLANTING SEASON, SPACING AND MATURITY ON THE PROTEIN CONTENT OF OPAQUE-2 CORN (1)

Y. S. Chang, Hsiung Wan, T. C. Lee & C. H. Cheng (2)

Summary

The purpose of this experiment was to study the effects of various environmental factors on the protein content of opaque-2 corn in order to facilitate the selection of high protein lines in a breeding program.

Two single crosses of opaque-2 corn, (TA 602-3C×TA611-1B) and (TA 604-1B×TA614-P) , three nitrogen levels, 60, 100 and 140 kg/ha, and two row spacings, 60 and 80 cm. were combined into 12 treatments in each experiment. The experiment was conducted at two locations, Taipei and Taichung, for two seasons, fall crop, 1973 and spring crop, 1974. Randomized complete block design with 3 replications was used in each experiment. The three-row experimental plot was 4.5 meters long and plants were 30 cm apart in the row. Corn ears only from the center row were sampled for protein analysis. The protein analysis was performed by Udy rapid protein analyzer based on dye-binding principle. The results from individual experiment and combined were both analyzed.

Adequate sampling technique for chemical analysis is extremely important in order to reduce possible bias so that the sampling for protein analysis was also studied. Corn kernels from upper, middle and lower parts of each ear were separately analyzed for protein content. Upper and lower ear from the same plant, if there were two ears, were compared. All ears for sampling study were from plots of 100 kg/ha nitrogen and 60 cm row spacing. The effects of maturity on protein content of corn was studied by using the single cross, (TA 602-1×TA614-P) . Different degrees of maturity of corn ear were obtained by harvesting ears at 7-day intervals beginning at 4 weeks after artificial pollination.

The results of combined analysis showed that season and treatment effects were highly significant, but not for all interactions indicating that treatment effects were the same in different seasons and at different locations. Since the treatment consisted of several factors, an analysis of variance for treatment was performed to separate the effect of individual factor. The difference of protein content was significant among varieties and nitrogen levels, but not significant in row-spacing and all interactions. The average protein content of the single cross, (TA 604-1B×TA 614-P) was 13.5% which was significantly higher than the 12.67% of the single cross, (TA 602-3C×TA 611-1B).

---

(1) Journal series No. 761. Published with the approval of the Director, Taiwan Agricultural Research Institute, Taipei, Taiwan, Republic of China. This research was supported in part by fund from Chung Cheng Science and Technology Research Foundation, Republic of China.

(2) Former Graduate Assistant, National Taiwan University and Director, Breeder and Chemist respectively, Taiwan Agricultural Res. Inst., Taipei, Taiwan, ROC.

The average percent proteins of corn kernels were 12.51%, 13.17% and 13.57% for 60, 100 and 140 kg/ha nitrogen respectively. The differences were highly significant indicating that the higher the rate of nitrogen applied, the more the protein corn kernel contained.

Planting season affected the percent protein of corn kernel profoundly. The spring crop (13.88%) had higher protein than fall crop (12.29%) .

The protein content of corn kernels for 60 and 80 cm rows was not significantly different. This did not mean that the spacing gave no effect on protein content of corn but because the population density of 80 cm row with plants 30 cm apart in the row (16,600 plants/acre) was too high to give further effect on protein.

The differences of protein content in corn kernels from different parts of the ear, and from upper and lower ears of the plant were not significant so that sampling corn kernels for protein analysis could be taken from any part of the ear or any ear from the plant.

The degrees of maturity of corn significantly affected the percent protein which graduately decreased as the maturity increased. A period of 4 weeks for spring crop and 7 weeks for winter crop was required for protein content to remain stable. Thus, it is imperative that corn ears should be harvested at proper maturity stage, especially when different maturity varieties or segregating materials were compared for protein content.