第 三 章

氮肥施用量及施用時期對玉蜀黍乾物質生產與分配之影響

范明仁・朱 鈞*

一、前 言

影響玉米產量最主要的生理因素爲供源強度，積儲強度及乾物質分配（Anderson等，1984）。然供源或積儲何者爲產量限制之主因，則衆說云云尚無定論，如Allison與Watson（1966）及Goldsworthy等（1974）認爲積儲大小爲玉米產量的限制因子，但Sorrels等（1978）認爲穗型不同，產量限制因子可能不同，單穗型產量之限制因子爲積儲大小，但多穗型則不然。在生長季節較長之地區，玉米產量之限制因子爲積儲（Hanway, 1962；Allison與Watson，1966；Earley等，1967；Prine, 1971；Goldsworthy等，1974；Allison等，1975；Hunter等，1977）；反之於生長季節較短之地區，供源爲產量之限制因子（Hunter，1980）。

栽培管理會影響玉米乾物質生產與分配，玉米爲需肥量很高之作物，產量隨氮肥用量增加而增加（Balko與Russell, 1980；Asghari與Hanson, 1984；Tanaka與Yamaguchi 1972），產量與葉片中氮含量及葉綠素含量呈正相關（Walburg等，1982；Asghari與Hanson, 1984）。光合作用速率亦與葉片中氮含量有關（Ryle與Hesketh，1969）。於子粒充實期增加葉部還原態氮濃度可減緩葉片老化，延長子粒充實期而增加產量（Swank等，1982）。而且氮肥用量會影響玉米乾物質之分配（Anderson等，1984），以及促進蔗糖輸送速率，而有助於子粒乾物質之累積及粒重之增加（Tsai, 1980）。

氮肥施用時期亦會影響玉米乾物質生產及分配，如將全量氮肥於基肥時施用，可促進玉米的營養生長，若於中耕期施用，則可提高收穫指數而使子粒產量增加（Bigeriego等，1979）。於生育中期，此時植株根系健全，對氮肥之吸收及轉運較佳，故Bigeriego等（1979）認爲氮肥宜晚施。Harold（1984）亦認爲於子粒充實期，給予充足的氮肥及合宜的灌溉可增加玉米產量。

故氮肥施用量及施用時期對玉米乾物質生產、分配以及產量影響很大，因此本試驗的目的乃藉用不同的氮肥管理，以探討玉米於不同氮肥用量及施用時期下，乾物質之累積及於積儲與供源間分配之差異，藉以爲栽培方法改進之依據。

* 作者爲桃園區農業改良場副研究員，國立台灣大學農藝學系教授

二、材料與方法

㈠氮肥用量試驗：

試驗採用單交玉米台農 351 號，於民國 74 年 8 月 16 日（秋作）及 75 年3月13日（春作）播種於桃園縣新屋鄉台灣省桃園區農業改良場試驗田。播種時每穴二粒種子，出土後十天間拔爲 1 株，行株距離爲 70 × 25 cm，施肥量爲磷肥使用過磷酸石灰 450 kg／ha，鉀肥使用氯化鉀 150 kg／ha，氮肥使用硫酸銨，其用量分三種處理分別爲 250 kg／ha（52.5 kg／ha－N）；500 kg／ha（105 kg／ha－N），1000 kg／ha（210 kg／ha－N），並以其一半量與上述磷肥鉀肥充分混合做爲基肥，另一半則於抽穗前二週充做追肥施用。播種時施用加保扶以防地下害蟲，生育期間進行中耕培工一次，並施用一品松以防治玉米螟蟲一次。試驗採逢機完全區集設計，重複四次。

秋作試驗於播種後20天起，每隔 7 日採樣一次，每次自小區內取 4 株，四重複共計 16 株，自地表部割下後量其株高，並區分爲葉及稈二部份，如有雌穗時亦將雌穗分別取下於 85℃下烘乾 5 天，稱量各部分之乾重後磨粉，再進行非構造性碳水化合物（Total nonstructural carbohydrates，簡稱TNC）及總氮素含量之測定。分析方法係先取 50 個樣品測定其TNC之含量，測量方法仿 Smith（1969）法，稱取適量（50～400 mg）樣品，以 0.5％ takadiastase（“clarase 40,000”，Miles Laboratories Inc, U.S.A. 農試所劉大江博士所贈）於40℃水解 44 小時，再以Shaeffer-Somogyi copperiodometric titration method定量，另總氮素含量係以 semi-micro Kjeldahl 方法測定，再將此50樣品之化學分析數值輸入近紅外線分析儀(NIR, Neotec Model 102 Near-Infrared Analyzer, Pacific Scientific U.S.A.)並將這些樣品置於近紅外線分析儀樣品槽內，以獲得合適的波長及其係數，再以NIR所得之值與傳統化學分析值行相關性測驗，當r^2值高於 0.9 時方進行其他材料之分析。

75 年春作試驗，設計及處理與 74 年秋作完全相同，唯採樣日期改自雌穗抽出後一週起開始，每隔 1～2 週採樣一次，樣品之調查亦與 74 年秋作相同。

㈡氮肥施用時期試驗：

試驗採玉米台農 351 號，栽培管理同上述，唯氮肥施用量爲硫酸銨 1000 kg／ha（210 kg／ha－N），並使用四種不同氮肥施用時期處理，分別爲：

M 1：基肥¼，齊膝期½，雌穗抽出前一週¼。
M 2：基肥¼，齊膝期¼，雌穗抽出前一週½。
M 3：基肥½，雌穗抽出前一週½。
M 4：基肥½，齊膝期¼，雌穗抽出前一週¼。

試驗使用逢機完全區集設計，四重複，每小區40平方公尺，採樣及調查方法同上述。

三、結　果

㈠不同氮肥用量對玉米產量及乾物質生產與分配之影響：

(1)株高：

不同氮肥用量對玉米株高之影響（如圖1），不論春作或秋作若僅供給硫酸銨250公斤／公頃（以下簡稱N_1處理）者，株高皆最低，而且其影響始於生育初期，於1985年秋作，N_1處理者，於播種後20天起，株高即明顯的少於其他二處理，整個生長季中除了第69天及成熟後期因強風將部分雄穗吹掉，致使誤差較大外，低氮用量株高明顯下降，然而硫酸銨公頃用量500公斤（以下簡稱N_2處理）與公頃用量1000公斤（以下簡稱N_3處理）二處理間株高差異不顯著。

(2)葉乾重：

氮肥用量對葉乾重之影響如圖2，秋作N_1處理者，葉乾重於生育初期至雄穗抽出期（播種後63天），春作於吐絲期後二週至成熟期，皆明顯的少於N_2及N_3處理，低氮肥用量下植株有矮化且發育不良及葉片變黃，葉乾重減少之現象。

期作間葉乾重亦有明顯的差異，秋作比春作高，秋作葉重於雄穗抽出期達最高點，其後則逐漸下降，但春作如N肥供給充足，則葉乾重於雄穗抽出後仍可逐漸增加，直至成熟末期才減少，但如N肥供給不足，則於雄穗抽出後三週起即迅速減少。

(3)稈乾重：

不同氮肥用量對玉米稈乾重之影響如圖3，N_1處理者於整個生育期內稈乾重明顯的低於N_2及N_3處理者，尤其於雄穗抽出時期最爲明顯，但N_2及N_3二處理間差異較小，N_3處理者稈乾重比N_2處理爲高。N_2與N_3處理稈乾重之差異，在秋作爲1至4 g，於春作差異較大，爲1至10 g左右，期作間稈乾重之累積量很少，此可能因N素供給不足，減少其供源，致使乾重之增加很少，而N_2及N_3處理者，於雄穗抽出後稈乾重仍繼續直線增進至成熟期末期。然秋作各處理者稈乾重於雄穗抽出後1週起，即不再增加，至雄穗抽出3週後，稈乾重反而減少。期作間稈乾重之差異較少，但春作稈乾重較秋作少10 g左右。

(4)穗乾重：

如圖4可知穗乾重累積有一遲滯期（lag phase），秋作此期間爲播種後63至69天，於春作則於播種後77至94天，此期間穗乾重並未增加，過了此期後則穗乾重即呈直線累積方式增加，各處理間其累積速率不同，但皆以N_3最大而N_1最

小，N_3 與 N_2 處理間其差異不顯著，然 N_2 與 N_1 處理間差異顯著。

期作間 N_3 處理之穗乾重並無差異，但 N_2 及 N_1 處理者其穗乾重春作明顯的低於秋作，故 N_2 及 N_1 處理或整體上春作之產量低於秋作，但於春作若N肥充足，管理得宜，則其產量之潛能與秋作相若。

(5)總乾重與莖葉重之比較：

各處理總乾重之累積曲線如圖5，不論期作，處理間總乾重仍以 N_1 處理最少，尤其於春作與 N_2 及 N_3 處理差異極大，而營養器官之乾重雖有差異，但未若總乾重如此明顯，故生育初期如氮肥供給不足時，對生殖生長之影響比對營養生長之影響爲大，即供源不足時，將影響積儲器官之發育，以及積儲器官對乾物質之累積，是故營養器官之能否充足的發育，將會影響至積儲器官之發育及乾物質之累積。期作間乾物質之累積及分配型式亦有差異，於秋作莖葉之乾物質於雄穗抽出後即不再增加，反而逐漸下降，但總乾物重仍不斷的直線增加；春作莖葉之乾物質於雄穗抽出後仍繼續增加，直至收穫前一週才減少。而其總乾物質之增加，亦於成熟前一週停止增加。

(6)葉部氮含量之變化：

葉部氮含量在生育初期較高，隨著生育期間之增長葉部氮含量逐漸下降，至成熟末期更急遽下降。各處理間葉部氮含量之變化如圖6，處理間差異顯著，N_1 處理者在整個生育期間其葉部氮含量明顯較低，顯示 N_1 處理者玉米處於缺氮狀況下，N_2 與 N_3 處理於生育初期葉部氮含量差異不大，但於吐絲期後不論秋或春作 N_3 處理者，其葉部氮含量皆比 N_2 處理爲高，故較高的氮肥用量可使玉米葉部於生育後期仍含有較高的氮含量。

(7)葉部TNC含量之變化：

葉部TNC含量於幼苗期較高，其後迅速下降，至雄穗抽出前二週起保持水平狀不再增減，處理間葉部TNC含量之變化如圖7，N_1 處理者爲最低，尤以雄穗出現前4週起至雄穗抽出期，N_1 處理顯著的爲低，但於生育後期各處理間其TNC含量並無差異。另 N_2 及 N_3 二處理在整個生育期間差異不大，故氮肥供給量主要之影響爲葉片內氮含量，對葉部TNC含量影響較少，另 N_1 處理者可能因缺氮引致生理機能不正常，而使其葉部TNC含量亦間接受到影響。

(8)稈部氮含量之變化：

植株於生育初期稈部氮含量較高，隨著生育逐漸下降，其中以生育初期至雄穗抽出期下降較速，雄穗抽出後仍會下降但不明顯（圖8）。處理間稈部氮含量在生育初期差異不大，但於雄穗抽出期及吐絲期有明顯的差異，於秋作 N_1 處理最少而 N_2、N_3 二處理稈氮含量較高，但於成熟末期，N_1 處理稈氮含量反比 N_2，N_3 處

理爲高，於春作情形恰好相反，於雄穗抽出後處理間差異不大，但於成熟末期則N_1處理稈氮含量顯著減少。

(9)稈部TNC含量之變化：

稈部TNC含量顯著的比葉部爲高（圖9），稈TNC含量之變化情形與葉部不同，於生育初期稈TNC含量較低但隨著生育時期之加長而增加，於雄穗抽出時達最高峯，子粒充實期間則維持水平，一般而言，處理間稈部TNC含量各處理間差異不大。

(10)穀粒產量：

不同氮肥施用量處理間其穀粒產量於春作或秋作皆達顯著，N_1處理者產量最低，N_3處理者產量最高（表1），於秋作各處理間農藝性狀中，百粒重及每穗行數並無差異，主要的差異在每穗行粒數，差異達顯著水準，致使每穗總粒數有所差異，以N_3處理者爲最高，而N_1處理者最低。每穗行粒數差異之主因乃在穗頂充實之良否，於N_1處理者，穗頂不充實情形較N_3處理者嚴重。造成充實不良之原因很多，但供源不足造成穀粒間養分競爭，致使穗頂充實不良爲一主因。

於春作各處理農藝性狀之差異很大，N_1處理者不論穗長、穗行數、行粒數皆顯著的較其他二處理爲少。但各處理之百粒重則無差異，故N_1處理產量較低之原因，主爲其積儲不足，即其於子粒充實期之前有部分子粒已退化，導致子粒數減少，故產量降低。

(二)氮肥施用時期對玉蜀黍產量及乾物質生產與分配之影響：

於秋作各處理總乾重累積之差異情形如圖10，M_3、M_4處理基肥所施用之量爲M_1、M_2處理之2倍，於時期3（第12片葉片葉環出現）可看出M_3、M_4與M_1、M_2之差異，顯然的M_3、M_4乾物質生成量於時期3較M_1、M_2爲佳。且此種情形繼續維持至營養生長末期，雖然M_1、M_2於時期2（第8片葉片葉環出現）後皆施用追肥，但因其初期生育較差，仍然無法趕上M_3、M_4之發育，M_4於營養生長期間所施入氮肥最多，營養生長亦最佳，由圖10可知M_4處理，總乾重至時期5（即吐絲期）皆最高，而同等施肥量之M_1處理由於施肥時期不同，其莖葉乾物質生產之量與M_4有明顯的差別，M_1處理於生育初期生育尚良好，但追肥之施用反而沒有增進生育之現象，其生育在時期4第（16片葉片葉環出現）以後反而較差，顯示所施入之追肥氮含量太高，對生育不但沒有助益反而有不良的反應。M_2處理基肥用量較少，僅25%，另施追肥25%，由圖10顯示此種施肥方式之組合尚佳，其莖葉乾重於生育初期雖然較差，但植株之發育於時期3已能追上M_4處理，M_3處理於基肥施用50%氮肥，在營養生長期莖葉乾重尚稱良好，與M_4及M_2處理間無明顯的差異，但可節省一次施肥之工作。另由圖11顯示M_3處理由於穗肥施用50%之氮肥量，故其初期穗乾重之增加情形最爲迅速，故就莖葉之發育所需氮肥以50%之量已足，另50%之氮肥

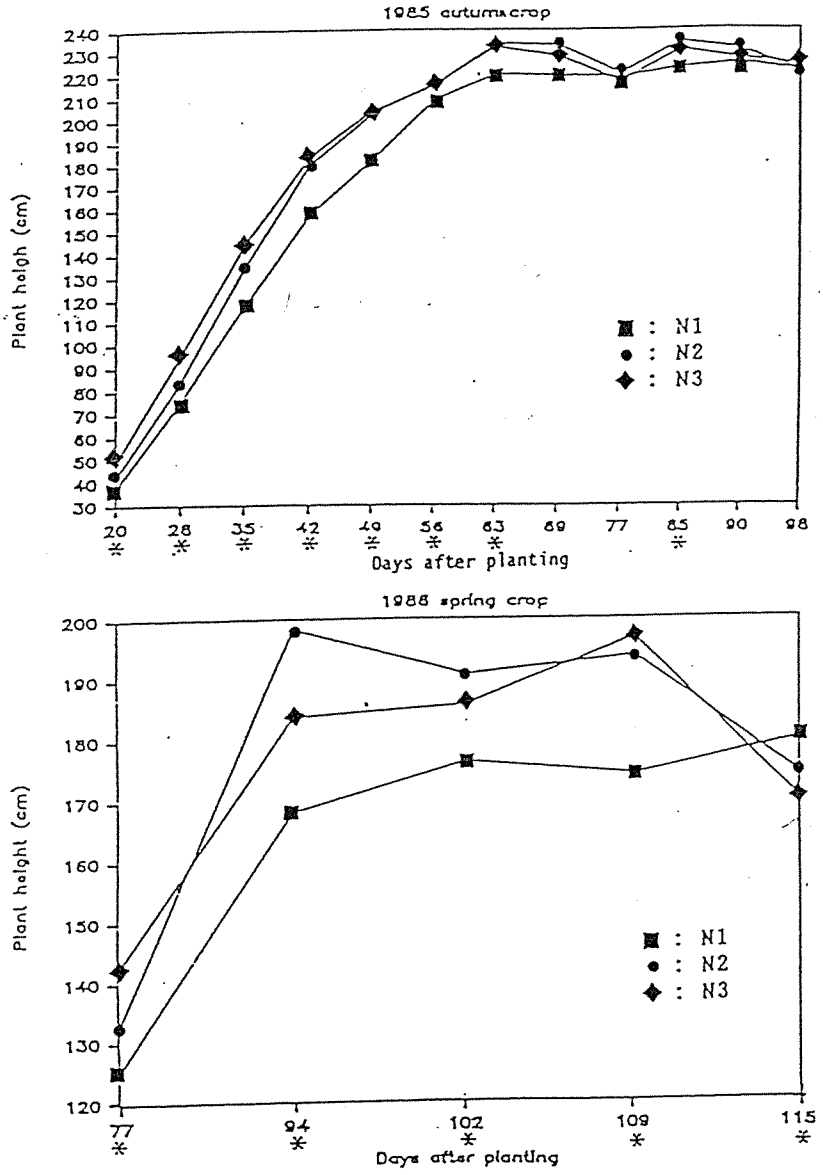


圖　1 ：氮肥用量對玉米生育期間株高之影響 .

註 ： * ：達 5% 顯著

N1 ：硫酸銨 250 kg/ha .

N2 ：硫酸銨 500 kg/ha .

N3 ：硫酸銨 1000 kg/ha .

Fig 1 : Effects of N-fertilizer levels on the plants height of corn at various stages of development.

note: N1: 250 kg/ha, N2: 500 kg/ha, N3: 1,000 kg/ha ; all in the from of ammonium sulfate.

*:Significantly different at 5% level between treatment.

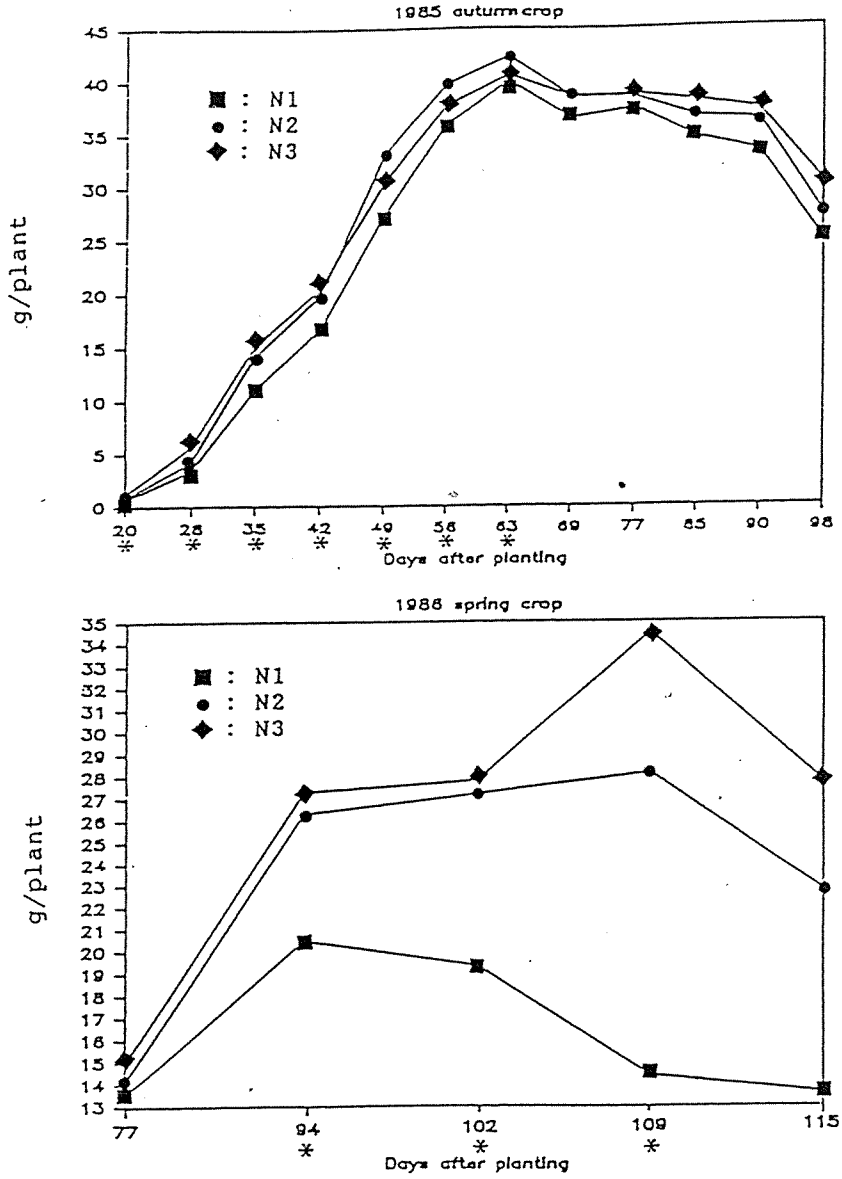


圖　2：氮肥用量對春,秋二期作玉米葉乾重增進之影響．每點為 32 個樣品之平均值．有 * 號者表示處理間平均值差異達顯著水準．

Fig　2：Effects of N-fertilizer levels on the leaf dry weight of corn plants grown in autumn and spring crop seasons.

note: Each point represents the average of 32 samples
*:Significantly different at 5% level between treatment.

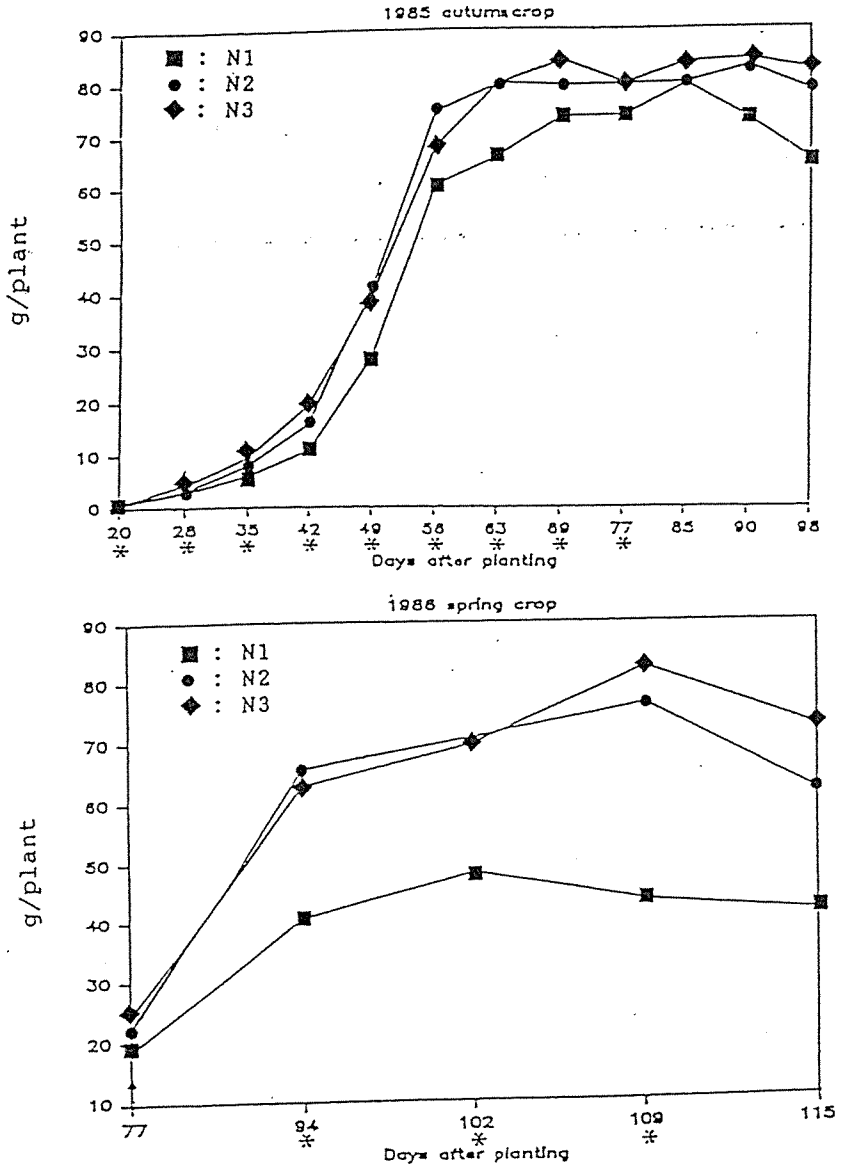


圖　　3 ：氮肥用量對玉米春，秋二期作稈乾重增進之影響。

Fig　　3 : Effects of N-fertilizer levels on the stalk dry weight of corn plants grown in autumn and spring crop seasons.

note: Each point represents the average of 32 samples
*:Significantly different at 5% level between treatment.

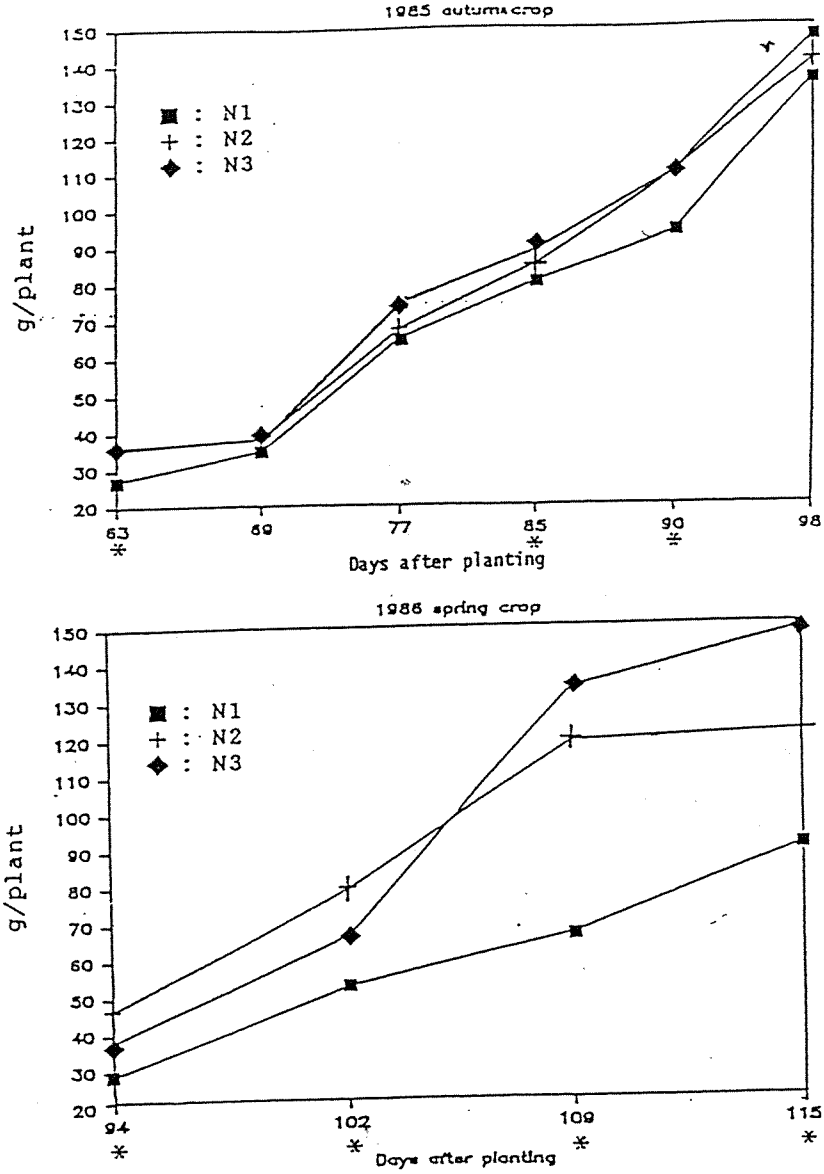


圖　　4：氮肥用量對玉米苞，秋二期作穗重增進之影響。

Fig　　4 : Effects of N-fertilizer levels on the ear dry weight of corn plants grown in autumn and spring crop seasons.

note: Each point represents the average of 32 samples
*:Significantly different at 5% level between treatment.

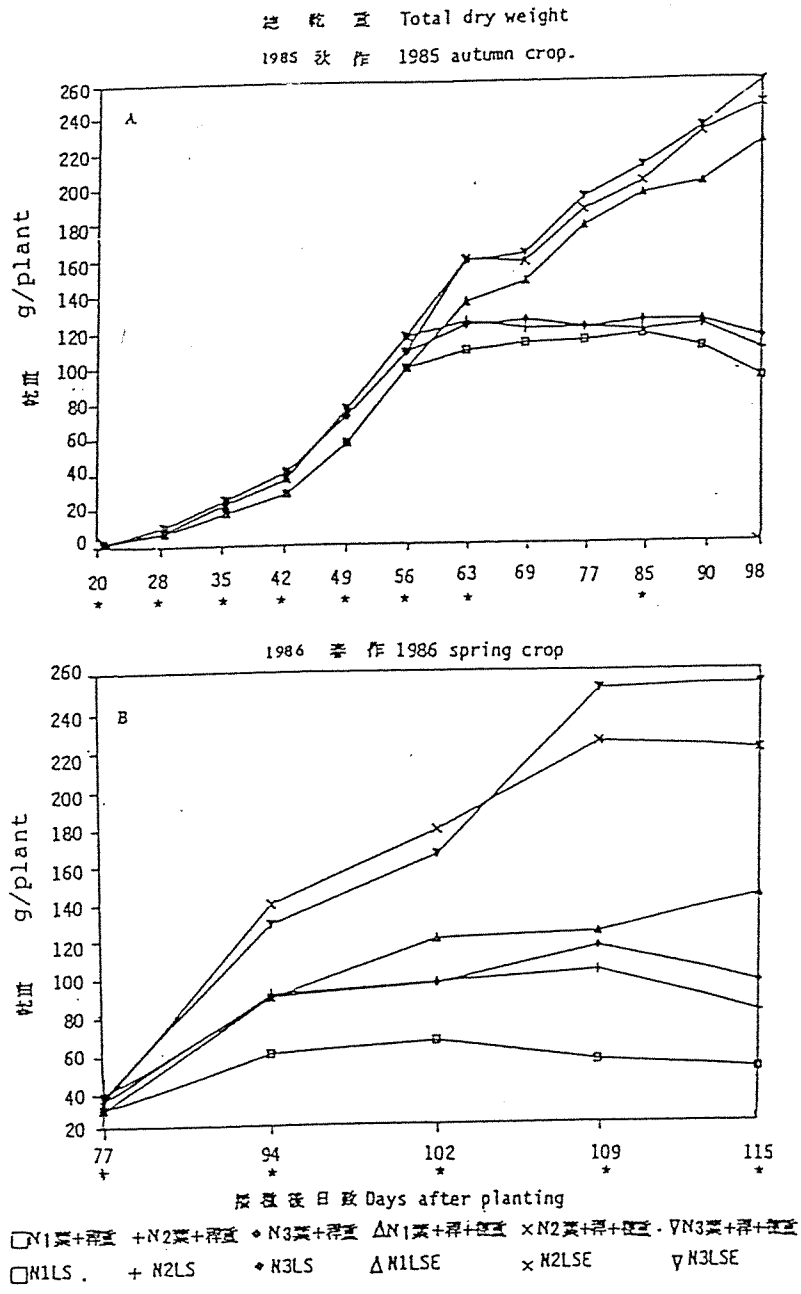


圖 5 ：氮肥用量對玉米春，秋二期作總乾重增進之影響．

N1 ：硫酸銨 250 kg/ha .
N2 ：硫酸銨 500 kg/ha .
N3 ：硫酸銨 1000 kg/ha .

Fig 5 : Effects of N-fertilizer levels on the dry weight of whole corn plants grown in autumn and spring crop seasons.
note: Each point represents the average of 32 samples
*:Significantly different at 5% level between treatment.

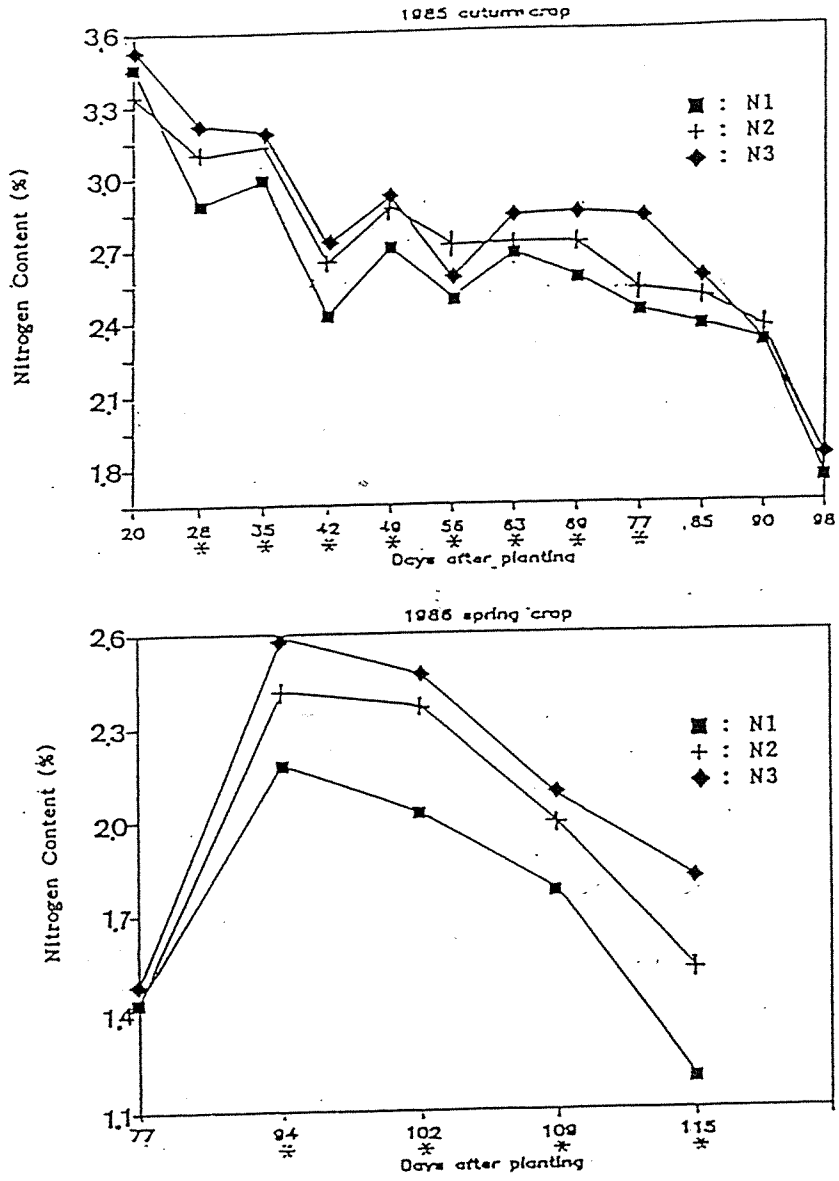


圖　6：氮肥用量對玉米春,秋二期作葉部氮含量之影響．每點為 32 個樣品之平均值．有 * 號者表示處理間平均值差異達顯著水準．

Fig　6 : Effects of N-fertilizer levels on leaf nitrogen content of corn plants grown in autumn and spring crop seasons.

note: Each point represents the average of 32 samples
*:Significantly different at 5% level between treatment.

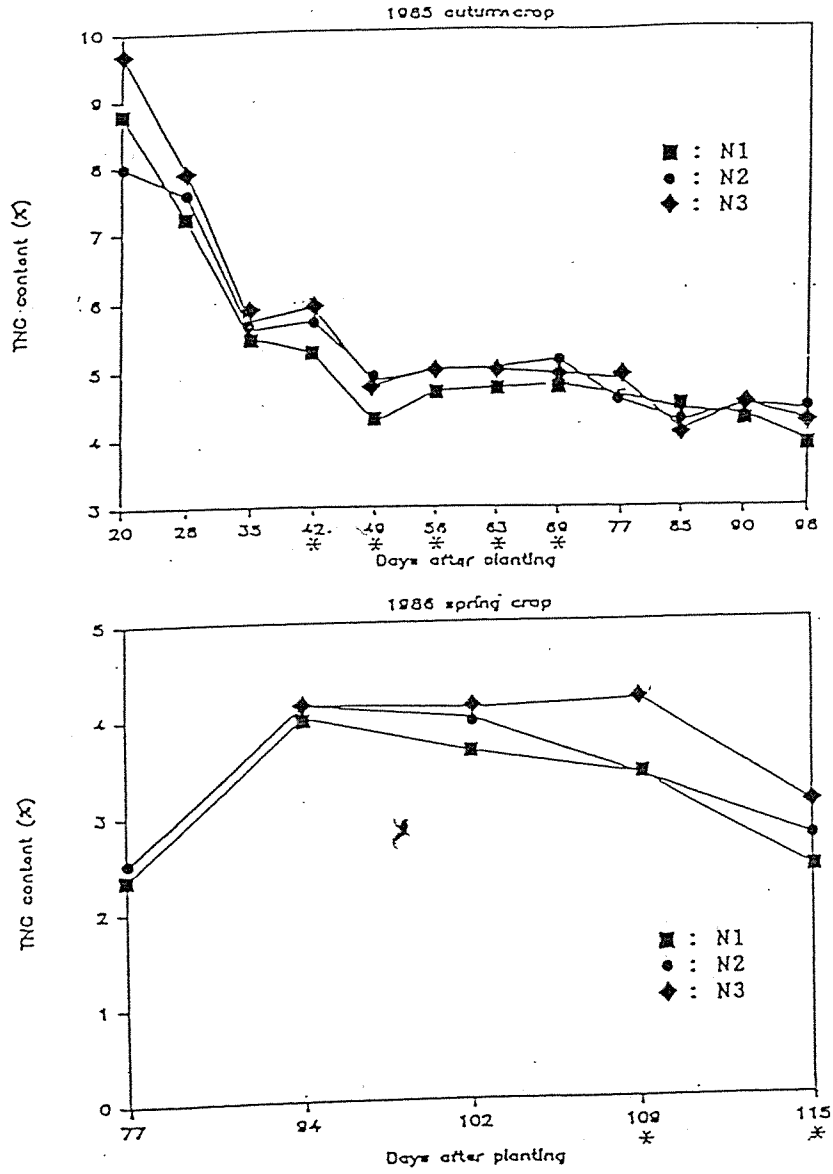


圖 7 ：氮肥用量對玉米春，秋二期作葉部 TNC 含量之影響．每點為 32 個樣品之平均值．有 * 號者表示處理間平均值差異達顯著水準．

Fig 7 : Effects of N-fertilizer levels on leaf TNC content of corn plants grown in autumn and spring crop seasons.

note: Each point represents the average of 32 samples
*:Significantly different at 5% level between treatment.

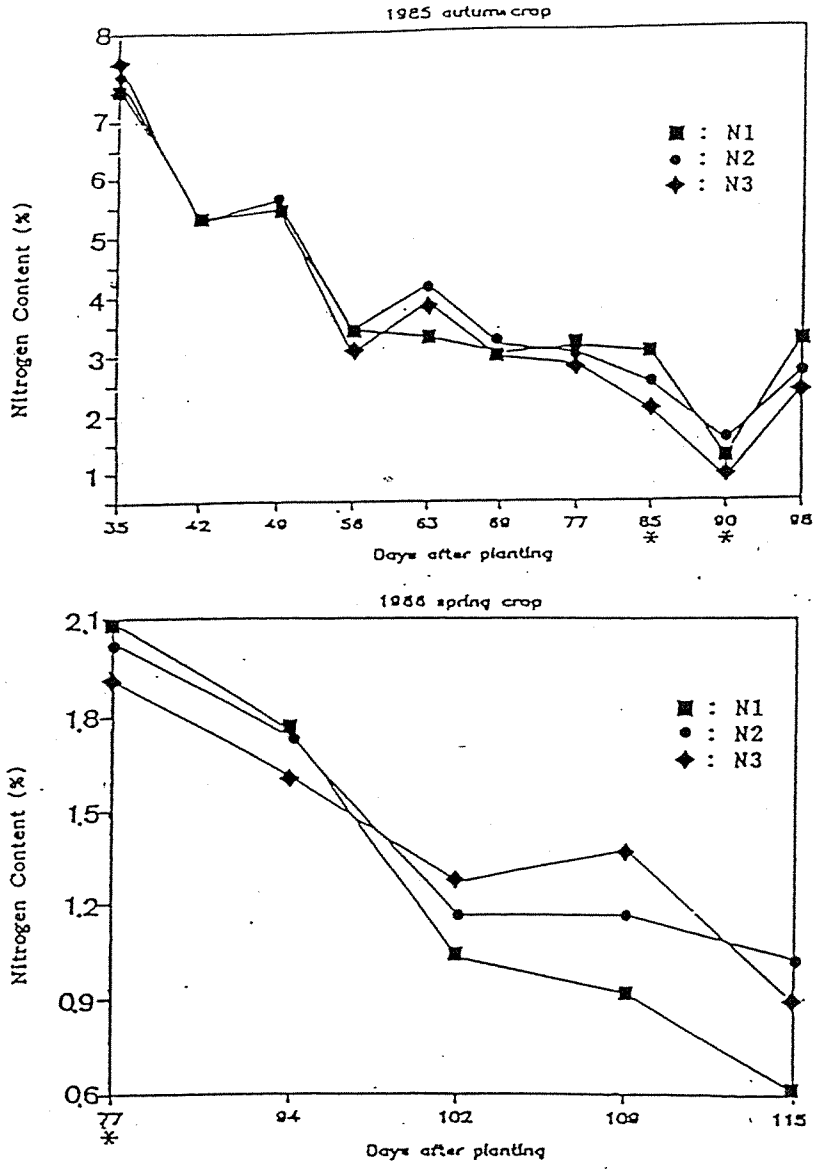


圖　　8 ：氮肥用量對玉米春,秋二期作莖部氮含量之影響．每點為 32 個樣品之平均值 ．有 * 號者表示處理間平均值差異達顯著水準 ．

Fig　　8 : Effects of N-fertilizer levels on stalk nitrogen content of corn plants grown in autumn and spring crop seasons.

note: Each point represents the average of 32 samples
*:Significantly different at 5% level between treatment.

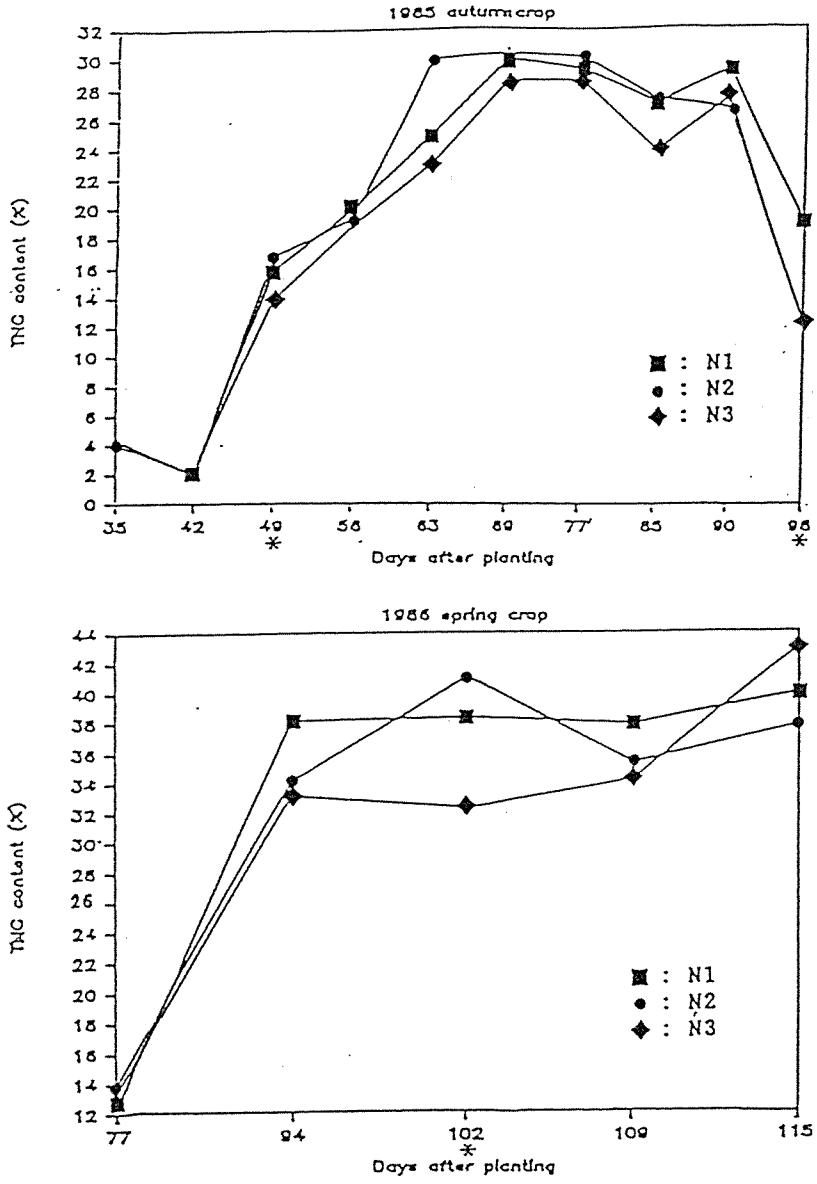


圖　9：氮肥用量對玉米春,秋二期作莖部 TNC 含量之影響．每點為 32 個樣品之平均值．有 * 號者表示處理間平均值差異達顯著水準．

Fig　9: Effects of N-fertilizer levels on stalk TNC content of corn plants grown in autumn and spring crop seasons.

note: Each point represents the average of 32 samples
*:Significantly different at 5% level between treatment.

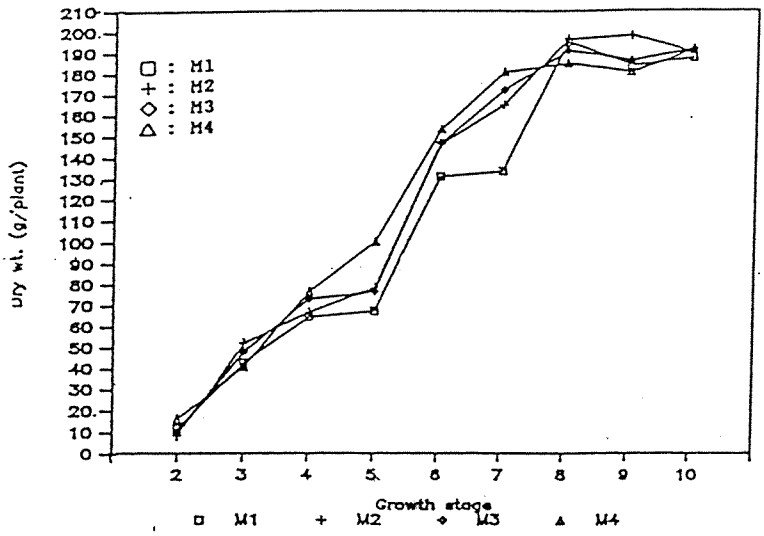


圖 10：氮肥施用時期對玉米總乾重累積情形之影響（七十五年秋作）

Fig. 10: Effect of timing of fertilization on the dry weight of whole corn plants grown in the autumn crop of 1986.
See Table 1 for description of fertilization methods.

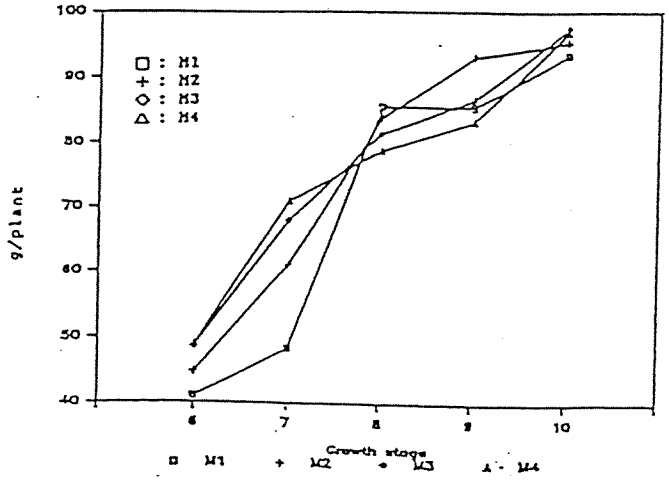


圖 11：氮肥施用時期對玉米穗重累積情形之影響（七十五年秋作）

Fig. 11: Effect of timing of fertilization on the ear dry weight of corn plants grown in the autumn crop of 1986.
See Table 1 for description of fertilization methods.

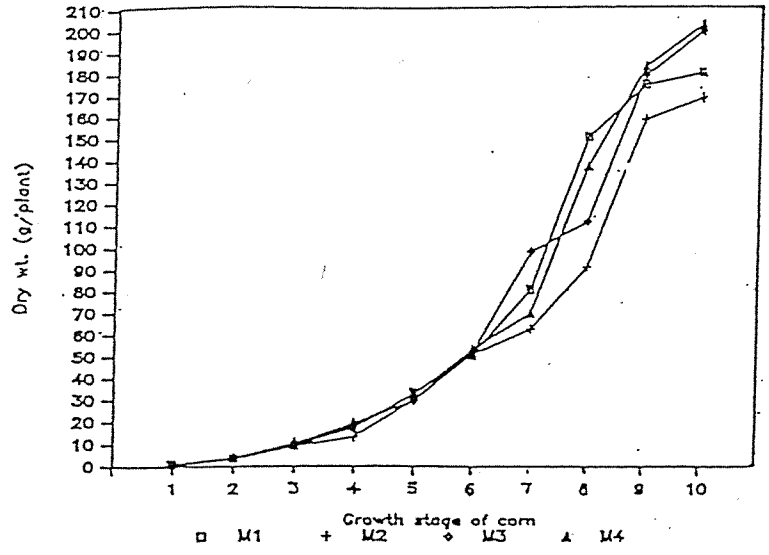


圖 12：氮肥施用時期對玉米整乾重累積情形之影響（七十六年春作）

Fig. 12: Effect of timing of fertilization on the dry weight of whole corn plants grown in the spring crop of 1987.
See Table 1 for description of fertilization methods.

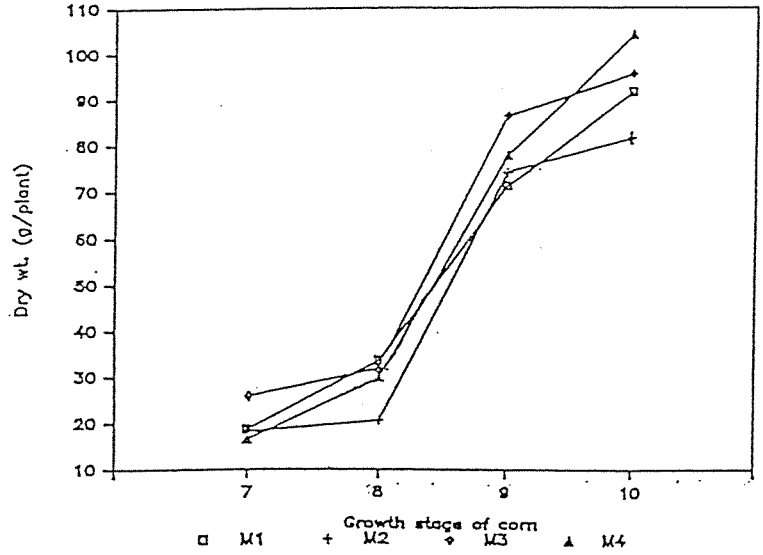


圖 13：氮肥施用時期對玉米穗重累積情形之影響（七十六年春作）

Fig. 13: Effect of timing of fertilization on the ear dry weight of corn plants grown in the spring crop of 1987.
See Table 1 for description of fertilization methods.

用量充做穗肥可促進初期穗乾重迅速之增加，另就總乾物重之累積情形（圖10），M_3處理於營養生長期其總乾物重處於中等；但於生殖生長期，其總乾重迅速增加，至成熟期反比其他各處理高。就其各項農藝性狀而言（表2），M_3處理子粒產量最高，較慣行法M_4處理可增產17.5％，且差異達顯著水準，其高產之主要原因爲百粒重較高，較對照處理（M_4）增加2.1g（12.9％）左右，另穗行數，行粒數皆較對照處理佳（表2）。但子粒內粗蛋白質含量則較M_4爲低，此可能因M_4處理子粒較小，導致子粒粗蛋白質含量較高。就穗之發育情形，初期M_4最佳，蓋因M_4處理在穗發育時期所施入之總氮肥量最多，但因其穗肥僅施用25％，故穗乾重累積之速度反而不若M_2，M_3處理，故產量最低。

於春作各處理營養生長期，總乾物質累積情形如圖12，於時期4仍可發現M_3、M_4處理乾物質生成量較M_1、M_2爲多，尤其M_2處理在雄穗抽出期莖葉乾重明顯較其他處理爲低，此乃因M_2處理基肥僅施用¼氮肥，較M_3、M_4處理爲低。M_1處理雖然基肥亦僅施¼氮肥，但追肥施½氮肥故生育中期時其生育已與M_3、M_4無差異，M_1、M_4處理於齊蕊期分別施用½氮肥及¼氮肥，故於吐絲期莖葉乾重明顯增加，尤以M_1處理最爲明顯（圖12），就穗乾重而言其中M_2、M_3二處理穗肥皆施用½氮肥，但M_2處理因營養生長期發育較差，故大量穗肥施用之效果並不明顯，雖然在時期8～9（即子粒直線充實期）子粒充實速率仍佳，但至時期10（成熟期）穗乾重增

表　1　：　氮肥施用量對玉米農藝性狀之影響

Table　1 :　Effect of levels of N fertilization on the agronomic characters of corn

Item	Levels of Ammonium Sulfate (kg/ha)		
	250	500	1,000
	Autumn Crop, 1985		
Ear Length (cm)	12.58 b‡	13.37 b	14.61 a
Row No. per Ear	15.0 b	15.4 a	15.7 a
Kernel No./Row	25.8 b	26.0 b	26.3 a
100-Kernel-Wt. (g)	26.86 a	28.21 a	28.04 a
Kernel TNC (%)	72.2 a	74.9 a	75.7 a
Kernel Protein (%)	10.7 a	10.5 a	10.1 a
Kernel Yield (t/ha)	4.63 b	4.99 a	5.05 a
	Spring Crop, 1986		
Ear Length (cm)	14.69 b	16.31 a	17.31 a
Row No. per Ear	14.3 b	15.0 a	15.3 a
Kernel No./Row	31.3 b	38.4 a	40.8 a
100-Kernel-Wt. (g)	17.64 a	17.65 a	17.23 a
Kernel TNC (%)	70.4 a	71.7 a	71.7 a
Kernel Protein (%)	11.4 b	13.2 a	14.2 a
Kernel Yield (t/ha)	2.92 b	3.45 b	4.30 b

‡Means followed with same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

表 2 ：氮肥施用時期對玉米農藝性狀之影響（秋作，1980）

Table 2: Effect of fertilization methods on the agronomic characters of corn (Autumn crop, 1986).

農藝性狀 Character	氮肥施用法 Code of Fertilization Method*			
	M1	M2	M3	M4
穗行數 Row No. per Ear	14.2[a]	14[a]	14.1[a]	13.8[a]
行粒數 Kernel No. / Row	27.7[a]	27.9[a]	28.3[a]	28.1[a]
百粒重 100-kernel-wt. (g)	17.1[a]	17.8[a]	18.4[a]	16.3[b]
子粒非構造性碳水化合物含量 Kernel TNC (%)	69.4[a]	70.5[a]	67.2[a]	72.8[a]
子粒蛋白質含量 Kernel Protein (%)	11.9[a]	12.2[a]	12.0[a]	12.7[a]
產量 Kernel Yield (t/ha)	3.02[ab]	3.12[a]	3.27[a]	2.78[a]

* Fertilization method: 1,000kg of ammonium sulfate applied in the following ways:

M1: 25% basal and 2 sidedressings of 50% and 25% each at growth stage 2 and one week before tasseling.

M2: 25% basal and 2 sidedressing of 25% and 50% each at growth stage 2 and one week before tasseling.

M3: 50% basal and 50% sidedressing at one week before tasseling.

M4: 50% basal and 2 sidedressing of 25% each at growth stage 2 and one week before tasseling.

** Means followed with the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

進速率明顯下降，可能因積儲不足所至，M_3 處理亦有類似之情形，時期 8～9 充實速率佳但時期 10 速率減緩，此可能爲積儲不足之故。M_1 及 M_4 其穗肥僅施用1/4氮肥，但其穗發育情形相當良好（圖 13），並未受限，而 M_1、M_4 初期所施氮肥較 M_2、M_3 爲多，故其積儲器官發育較佳，亦即積儲容積較爲充足。M_4 乾物質之分配情形較佳，故穗重較大且產量高（表3），M_4 處理因每行子粒數較多，穗重大因而產量較高，M_1、M_2 雖然穗乾物重較小，但因乾重之減少主爲莖葉乾重故產量亦佳，M_1 處理每穗行數最多，此爲其產量較高之主因。

表 3 ：氮肥施用時期對玉米農藝性狀之影響（春作，1987）

Table 3: Effect at fertilization methods on the agronomic characters of corn (Spring crop, 1987).

農藝性狀 Character	氮肥施用法 Code of Fertilization Method*			
	M1	M2	M3	M4
穗行數 Row No. per Ear	14.2[a]	14[a]	14.1[a]	13.8[a]
行粒數 Kernel No. / Row	29.1[a]	27.4[b]	28.3[b]	30.6[a]
百粒重 100-Kernel-wt. (g)	17.3[b]	21.9[a]	16.6[b]	17.1[b]
子粒非構造性碳水化合物含量 Kernel TNC (%)	61[a]	61[a]	60[a]	55[a]
子粒蛋白質含量 Kernel Protein (%)	11.8[a]	11.6[a]	11.5[a]	11.2[a]
產量 Kernel Yield (t/ha)	3.02[a]	2.80[a]	2.92[a]	3.04[a]

* Fertilization methods describe as Table 1.

** Means followed with the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

四、討論

㈠不同氮肥用量對玉蜀黍產量及乾物質生產與分配之影響：

N_1 處理於雄穗抽出前植株總乾重已明顯較其他二處理爲低（圖 5），就其產量構成因素亦可看出，不論穗行數或行粒數皆明顯較小（表 1），故於生育初期氮肥之施用與積儲容積之形成有關。Balko 和 Russell（1980）；Kampruth 等（1982）；Anderson 等（1984）亦認爲氮肥與積儲容積之形成有關，尤其是多穗型玉米於氮肥充足下可使穗數增加而使產量提高。就 N_2、N_3 二處理而言，在營養生長期乾物重並無明顯差異，但於子粒充實期間 N_2 處理葉重（圖 2）明顯少於 N_3 處理，稈重（圖 3）差異較小，但亦以 N_2 處理較少。就產量構成因素而言，N_2 處理之穗行粒數及行數較少，故產量較 N_3 處理爲低（表 1）。於春作 N_2 處理與 N_3 處理行粒數差異較大此歲點顯示氮肥不足時，易導致台農 351 穗頂充實不足。就百粒重而言，各處理間差異不大，秋作在 26 ～ 28 g 左右，春作在 17 g 左右，但各處理間差異不顯著。此點與 Peaslee（1977）指出氮肥對子粒數影響較大對百粒重影響較小之結果相同，但

Tsai（1980）認爲氮肥可提高玉米粒重，因氮肥可促進蔗糖輸送速率，有助於子粒乾物質之累積及粒重之增加，但本試驗中百粒重與氮肥用量並無明顯相關，但就穗乾重增進情形（圖4），氮肥用量高者穗重累積較快。

就試驗結果發現氮肥對積儲容積發育之影響較大，氮肥不足子粒數明顯減少但對百粒重影響較小，氮肥對葉部氮含量之維持有相當大之作用，氮肥充足葉部老化較慢（圖6）可能爲增產之主要因素，另氮肥與稈部ＴＮＣ含量有負相關，故氮肥可能會促進稈部蔗糖轉運出供穗部發育之用。

㈡氮肥施用時期對玉蜀黍產量及乾物質生產與分配之影響：

本試驗之構想是起源於水稻栽培時日人松島省三所提出之Ｖ字型施肥法，在玉米栽培上Bigeriego等（1979），認爲氮肥宜於中耕時施用，Harold（1984），Below等（1981）及Swank等（1982），則強調子粒充實期氮肥供給之重要性，故於不同之土壤及氣候條件下，氮肥最合適之供應時期應有不同，本省一般推薦的方法爲50％氮肥於基肥時施用，另25％氮肥於中耕時施用其餘氮肥於雄穗抽出時施用，依此需分三次施肥相當費工，且是否合宜亦有待探討。

依本試驗結果秋作以基肥施用50％氮肥另50％氮肥於雄穗抽出時施用產量最佳，其次則爲基肥25％，追肥25％，穗肥50％次之。由此可見凡以50％氮肥充做穗肥施用者產量皆可較高，亦即大量的穗肥爲秋作玉米高產之必要條件，此點與Below等（1981）及Swank等（1982）之結論是相同的，由表2得知M_3、M_2處理高產之主要原因即爲百粒重較高以及穗行粒數較多之故。由總乾重之增進情形（圖10）亦可看出M_4處理總乾重於時期7達最高點（此時期爲黃熟初期）後即不再增加，再由表2 M_4處理百粒重最低，可看出M_4處理積儲器官之發育並未受限，但子粒充實期間光合產物之供給不足因而產量較低。M_2處理與M_3處理皆於穗肥施用50％之總氮肥，故其穗乾重增進情形與M_3類似（圖11）。就營養生長期M_2處理之發育亦與M_3處理相同，故兩處間總乾物質之累積情形（圖10）及產量及各項農藝性狀皆相近，就M_1處理其施肥形態爲基肥少追肥多而穗肥亦少，故其總乾重至乳熟期仍最低，但由於生育後期所施入之氮含量較多，故雖然至後期植株之生育即逐漸趕上其他處理但其產量仍較差，其減產之原爲每穗行數較少所致。Bigeriego等（1979）認爲於生育中期（雄穗抽出前2週）因根系較健全植株對氮肥之吸收及轉運較佳，於此時期施用氮肥產量較高，另Olson與Kurty（1982）；Aldrich（1984）亦皆認爲穗肥可增加玉米之產量，Harold（1984）認爲子粒充實期給予氮肥及合理灌溉可使玉米葉部還原性氮濃度增加，延緩葉片老化並延長充實期使產量增加（Below等，1981；Swank等，1982）。

因此秋作時穗肥之施用可促進葉部轉運較多碳水化合物作爲子粒充實用，此可能爲穗肥施用增產之原因。

於春作則以基肥施用50％氮肥，另追肥及穗肥各施25％氮肥產量最佳，其次爲基肥施用25％氮肥、追肥施用50％氮、穗肥25％氮，由此可見春作需注意生育初

期之氮肥管理，基追肥用量宜多，而穗肥氮用量對產量影響較小，故在北部地區由於春秋二作間玉米產量之限制因子不同，因此春秋二作氮肥施用時期亦應有不同，於秋作由於產量之限制因子爲子粒充實期供源不足，積儲大小並不爲主要的產量限制因子，而充足的穗肥可使葉片較濃綠，提供較多碳水化合物供源及延長葉片之老化，使子粒重增加，並可減少穗頂充實不良之現象，但於北部地區春作產量的主要限制因子爲積儲不足，子粒充實期間供源之供應並不爲產量之限制因子，因此玉米初期之發育以及齊蓐期氮肥之供應，皆可促使積儲器官之分化，故春作基肥及追肥，氮肥供應量對產量影響較大，反之穗肥用量之多寡對產量影響較少。

(三)期作對玉蜀黍產量及乾物質生產與分配之影響：

氣象因素的變化會影響到玉米的產量（Thompson 1986）而玉米子粒的產量亦受栽培環境及季節的影響（Yamaguchi 1974），陳等（1985）亦指出本省玉米栽培散佈於全省各地的低產水田，其栽培環境多變，其中各種因素如溫度、日照、雨量等季節性大環境因素（macro-environment）或是地域內小環境因素（micro-environment）的變化，常是影響作物生長表現的最重要因素。玉米栽培適溫爲30～33℃，如溫度過低時（10℃以下）則光合成產物的轉移受到阻礙（Duncan，1975），就本省的栽培環境而言，春作生育初期，秋作子粒充實期常會遇到10℃以下低溫及其他不適玉米栽培之氣象環境（農業氣象旬報 1981～1984），此問題不但是育種家所欲克服之問題（陳等 1985），我們亦擬探討就其生理之障礙而以栽培方式予以彌補。

玉米生長期間各種性狀表現均會直接或間接地影響最終產量，唯當各種性狀的表現有最佳的配合，才能獲得最高的產量，本試驗結果發現春作玉米之雄穗抽出期及總生育日數比秋作長，然而葉乾重、稈乾重、整株乾物重反而比秋作爲少，顯示北部地區玉米栽培，秋作的氣象環境比較有利，春作玉米低產的主要原因乃因其營養生長期70天比秋作63天爲長，然乾物質之累積（約40g）比秋作（約100g）明顯的爲少。北部地區春作玉米營養生長期平均氣溫在16至24℃之間，而且月總日照時數小於60小時，而秋作玉米營養生長期平均氣溫在27℃～29℃之間，且月總日照時數在150～180小時之間，Duncan等（1973）及Hunter（1980）指出玉米的產量常因溫度高低、日照長短、雨量分布之多寡而發生變異，北部地區春作氣溫及日照時數明顯的低於秋作，尤其是日照時數偏低可能是造成生育緩慢及乾物質形成減少之主因。然而在穀粒充實期間春作之氣溫由24℃逐漸增至29℃，且月累積日照時數亦增至140小時左右，反觀秋作平均氣溫由27℃降至19℃，且日照時數亦降至140小時，Jones等（1981）指出玉米子粒充實期之適溫爲30℃，故此時段之氣候二期作相較則春作較有利於玉米之生育以及乾物質之累積。由本試驗之結果（圖5、10、12）可知，春作在子粒充實期總乾重之累積速度高於秋作，故就玉米春秋二作整個生育型態是這樣：秋作玉米營養生長良好，然至子粒充實期因氣候不良減少供源之供給。故乾物質之生產減少並使子粒所分配之乾物質減少，綜觀影響秋作最大的因素，可能爲生育後期受

強烈季節風的影響，使莖葉受損嚴重，故乾物質之生產受阻，同時因葉片之破裂亦使同化物質之轉運受阻，而使發育中子粒不能獲得充分的同化物質之供應，致使產量受到限制，盧等（1985）亦指出秋作玉米有最高的積儲強度潛能，故其產量之限制爲此時期同化物質之供應是否充足，是故秋作玉米栽培之改進措施應爲增加雄穗抽出後有效葉面積，避免葉片破損，建議採行防風牆之設立或提早播種期以避免風害。而春作玉米其產量之限制因子應在雄穗抽出期以前之生長不良所致，由圖7春作 N_3 處理者其穗乾重之累積量與秋作相若，故春作玉米栽培之改進措施應爲加強營養生長期之管理，尤其是N肥的分施及施用多量N肥使肥效充分發揮，促進營養期生長，以使雌穗形成期子粒數不致減少爲其重要工作。

五、摘　要

以玉米台農351號探討不同氮肥用量及氮肥施用時期對玉米產量及乾物質分配之影響，以瞭解北部地區玉米產量之限制因素。

1. 玉米氮肥施用量試驗以210 kg／ha－N（合爲硫酸銨1000 kg／ha）處理，較105 kg／ha－N及52.5 kg／ha－N處理分別增產2～20％及8～32％，各處理間產量之差異於秋作較小，但於春作則較爲明顯。
2. 秋作氮肥施用法以基肥½、穗肥½最佳，其次爲基肥¼、追肥¼、穗肥½之處理，分別比對照處理（基肥½、追肥¼、穗肥¼）增產17.5％及12.1％，顯示將一半氮肥於穗肥時施用可得較高之產量。
3. 春作氮肥施用處理間產量差異不顯著，但以基肥½、追肥¼、穗肥¼處理產量較高（3.038 kg／ha），其次爲基肥¼、追肥½、穗肥¼處理，而以基肥¼、追肥¼、穗肥½處理產量最低（2,800 kg／ha），故春作應注意追肥氮肥之施肥，而穗肥氮肥用量之多寡對產量影響較小。

就目前之栽培制度秋作之氣候較春作有利於玉米之生長，秋作於營養生長期植株生育良好，唯於子粒充實期因溫度降低及季節風強烈，使此期光合同化物質之生產不足子粒充實之用，推論其產量之限制因子應爲供源不足，春作於營養生長期因低溫及日照不足，致使營養生長不良，間接影響到積儲器官之發育，然而子粒充實期植株生長旺盛，故推論產量之限制因子爲積儲之不足，故秋作應注意子粒充實期有效葉面積之維持以增加供源，春作則宜注意營養生長期之管理以及氮肥之充足供給。

而且，北部地區玉米春秋二作之施肥管理宜有所不同，秋作穗肥宜多，但春作則需注意生育初期氮肥之施用，此結果亦與植株乾物質累積情形相吻合，春作產量之限制因子爲積儲器官之發育，故宜增加追肥之氮肥用量以促進幼穗之發育，而秋作產量限制因子爲子粒充實期間葉片所提供之供源不足積儲所需，故較多之氮肥於穗肥施用，可促進葉部之光合作用，以提供較多之供源。

誌　謝

本研究之完成承行政院農委會經費補助，臺大農藝系高景輝教授，農試所劉大江先生提供試驗材料和寶貴意見，特此誌謝。

參考文獻

松島省三（1980）窒素施用時期と登熟步合ての關係，稻作の改善と技術，株式會社養賢堂P：10—16。

陳成，陳耀煌，李成章，周微茂（1985）玉米在不同地域及週年栽培環境下之穩定性，中華農學會報新130：24—35。

農業氣象旬報，1981—1984，中央氣象局應用氣象組農業氣象科主編。

盧淑華（1985）不同期作下光合產物供源，積儲和營養要素的分配與玉米產量的關係。國立中興大學糧食作物研究所碩士論文。

Allison, J.C.S., J.H.H. Wilson and J.H. Williams (1975) Effect of defoliation after flowering on changes in stem and grain mass of closely and widely spaced maize. Rhod. J. Agric. Res. 13:145-147.

Allison, J.C.S. and D.J. Watson (1966) The production and distribution of dry matter in maize after flowering. Ann. Bot. 30:365-381.

Anderson, E.L., E.J.Kamprath and R.H. Moll(1984) Nitrogen fertility effects on accumulation, remobilization, and partitioning of N and dry matter in corn genotypes differing in prolificacy. Agron. J. 76:397-404.

Asghari,M. and R.G.Hanson (1984) Climate, management, and N effect on corn leaf N, yield, and grain N. Agron, J. 76:911-916.

Balko,L.G., and W.A.Russell (1980) Response of maize inbred lines to N fertilizer Agron. J. 72:723-728.

Below,E.F.,L.E.Christensen,A.J.Reed and R.H.Hageman (1981) Availability of reduiced N and carbohydrates for ear development of Maize. Plant Physiol. 68:1186-1190.

Bigeriego, M.,R.D.Hauck, and R.A.Olson (1979) Uptake, translocation and utilization of N-depleted fertilizer in irrigted corn. Soil Sci. Soc. Am. J. 43:528-533.

Duncan, W.G., D.L. Shaver and W.A. Williams. (1973) Insolation and temperature effects on maize growth and yield. Crop Sci. 16:187-191.

Duncan, W.G. (1975) Maize. In Crop Physiology. Evans, L.T.(ed) Cawbridge Univ. Press, London. pp:23-50.

Earley, E.B., R.D.S.WcIlrath and R.H. Hageman (1967) Effects of shade applied at different stage in corn (Zea mays L.) production. Crop Sci. 7:151-156.

Goldsworthy, P.R., A.F.E. Palmer and D.W. Sperling (1974) Growth and

yield of lowland tropical maize in Maxico. J. Agric. Sci. Camb. 83:223-230.

Hanway, J.J. (1962) Corn growth and composition in relation to soil fertility. I. Growth of different plant parts and relation between weight and grain yield. Agron. J. 54:145-148.

Harold, V.E. (1984) Irrigated corn yield response to nitrogen and water. Agron. J. 76:421-428.

Huber, D.M., G.A. Murray and J.M. Crane (1969) Inhibition of nitrification as a deterrant to nitrogen loss. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 33:975-976.

Hunter, R.B. (1980) Increased leaf area (source) and yield of maize in short-season areas. Crop Sci. 20:571-573.

Jones, R.J., B.G. Gengenbach and V.B. Cardwell (1981) Temperature effects on in vitro kernel development of maize. Crop Sci. 21:761-766.

Kamprath,E.J.,R.H.Moll and N.Rodrigues (1982) Effects of nitrogen fertilizer and recurrent selection on performance of gybrid population of corn. Agron. J. 74:955-958.

Porter,H.K.,N.Pa and R.V.Martin (1950) Physiological studies in plant nutrition. XV. Assimilation of carbon by the ear of barley and its relation to the accumulation of dry matter in grain. Ann. Bot. 14:55-68.

Prine, G.M. (1971) A critical period for ear development in maize. Crop Sci. 11:779-786.

Radley,M. (1976) The development of wheat grain in relation to endogenous growth substance. J. Exp. Bot, 27-1009.

Ryle,G.J.A. and J.D.Hesketh,(1969) Carbon dioxide uptake in nitrogen-deficient plant. Crop Sci. 9:451-454.

Schrader,L.E.,D.Domska,P.E.Jung,Jr., and L.A.Peterson (1972) Uptake and assimilation of ammonium-N and nitrate-N and their influence on the growth of corn. Agron. J. 64:690-695.

Smith, D. (1969) Removing and analysis total nonstructural carbohydrates from plant tissue. Wis. Agri. Exp. Sta. Res. Rep. 41:1-11.

Sorrels, M.E., R.E. Harris and J.H. Lonuquist (1978) Response of polific maize to growth-regulation chemicals. Crop Sci. 18:783-785.

Swank,J.C., F.E. Below, R.J. Lambert and R.H. Hagemen (1982) Interaction of carbon and nitrogen metabolism in the productivity of maize. Plant Physiol. 70:1185-1190.

Tanaka, A. and J. Yamaguchi (1972) Dry matter production, yield components and grain yield of the maize plant. J. Facal. Agri. Hokkaido Unive. Sapporro. 57:72-132.

Tsai,C.Y. (1980) A proposed role of zein and glutelin as N sink in maize. Plant Physiol. 66:330-333.

Walburg,G.,M.E.Bauer,C.S.T.Daughtry and T.L.Housley (1982) Effects of nitrogen nutrition on the growth,yield and reflectance characteristics of corn. Agron.J. 74:677-683.

Effects of levels and application timing of nitrogen fertilizer on yields and dry matter production and partition in maize

Ming-Jen Fan and Chun Chu
Graduate Institue of Agronomy
National Taiwan University, Taipei

Abstract

This experiment was conducted to study the effect of levels and application timing on N fertilizer on the growth of corn in autumn and spring crops to find out the limit factor of corn yield at northern area of Taiwan.

The results were summarized as follows:

1. In the trial of nitrogen fertilizer levels, the treatment of 210 kg/ha-N was better than that of 105 kg/ha-N and 52.5 kg/ha-N. Grain yield was increased 2-20% and 8-32% by applying 210 kg/ka-N in autumn and spring crops, respectively. Among nitrogen level treatments, the grain yield was less different in autumn crop while more distingished in spring crop.
2. In the trial of timing of nitrogen application, the results indicated that using 50% of nitrogen as base dressing and 50% of nitrogen as top dressing was the best method among treatments in autumn crop. The method of using 25% nitrogen as base dressing, 25% nitrogen as side dressing and 50% of nitrogen as top dressing also better than the method as 50% nitrogen as base dressing, 25% nitrogen as side dressing and 25% as top dressing which we practiced now. Grain yield was increased 17.5-12.1% by these two methods when compared with the method we practice now. The result also indicated that 50% of nitrogen fertilizer used as topdressing would increase the yield of corn in autumn crop.
3. There were no significient difference of grain yield among treatments of nitrogen application timing in spring crop. The yield of the treatment which we practice now had the highest grain yield (3038 kg/ha). The results aslo indicated that the levels of nitrogen fertilizer used as top dressing was less important than side dressing in spring crop.

The weather condition of autumn crop in northern area of Taiwan is

better than that of the spring crop by using the culrtivation method which we practice. In autumn crop the vegetative growth of cron is better than the reproductive growth. At the grain filling stage of autumn crop, the temperature decreases and wind speed increases which will induce leaves broken and reduce photosynthetic ratio. We suggest that the yield limiting factor of autumn crop would be the source supply in the period of grain filling stage. While in spring crop, the temperature and sunshine duration were low in the period of vegetative growth of cron which will affect the development of sink organ. We suggest that the limiting factor of grain yield of corn in spring crop would be the sink capacity. Maintaining the effect leaf duration and increasing photosynthatic matter would be important in autumn corp, while in spring crop applied nitrogen fertilizer at early stage of corn growth stage was much important.