水稻不同栽植密度、肥料量及栽培方式對產量之影響

謝全份　高　樹　江　忠

緒　　言

水稻單位面積產量之高低決定於「總谷粒數×千粒重」，而總粒數之多寡又決定於結實率之良否及穗重之大小，如何增加穗數與穗重及結實谷粒乃爲提高單位面積之產量之要訣。

稻穗數之最後決定在最高分蘖期後十天左右，穗重則決定於穗頸節部分化期至抽穗期養分轉流之情形，兩者均受環境之影響甚大，且兩者間之消長有一得一失之傾向。

據磯永吉(1928)[2]之研究結果，稻分蘖數、穗數、穗長之相關，插植密度愈大，一株之分蘖數及穗長愈小，但一定面積之總分蘖數，總穗長增大。

與此趨勢相反者，則每穗谷重相行低減，以整個單位面積之生產量來說，隨栽植密度而稍行提高。

溯觀本省插植密度約在1890年以前（在來稻栽培時代）未施用化學肥料時代，非常疏植每坪插植40株（1m²＝12株）左右，在1915年推廣施用化學肥料以後，插植密度每坪增加至45株（1m²＝13.6株）左右，在1920年蓬萊稻出現以後每坪插植又增加至50株（1m²＝15株）左右，1929年磯氏[3]提倡正條密植，每坪插植60-70株（1m²＝18-20株），每株苗數5-6支，以後一直推廣現行之每坪60-64株（1m²＝18-19株），如前所述，密植可增加總產量，到底最適合之密植如何，實有配合目前之栽培制度而加以探討之必要。

另外肥料用量，水稻品種及插植方式等因素之變化時，對不同密度之水稻生育影響如何，在密植栽培上必須明瞭。

筆者自1960-1963年在本所以三種施肥，三種插植方式，四種插植密度及水稻三品種組合108個處理，探討各因子之主效應及相互間之關係，以決定最適當之栽植密度，俾能提高單位面積之產量，已有具體結果，茲將此結果報告於下。

本試驗承蒙臺灣大學張教授魯智田間設計與分折指導，文成時承謝主任順景多方斧正協助，併此致謝。

材料與方法

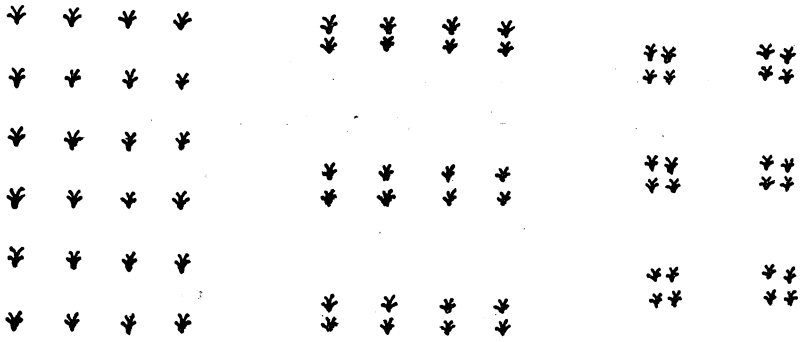
利用蓬萊稻三品種甲，臺中65號（中間型），乙臺農38號（穗數型）及丙，嘉農242號（穗重型）爲材料。

三種肥料量，N.（硫酸銨），P.（過磷酸鈣），K.（硫酸鉀），每公頃施肥量，普肥區（A）爲400-400-100公斤，多肥區（B）爲600-600-150公斤，重肥區（C）爲800-800-200公斤，每公頃使用堆肥15,000公斤。

栽培方式共有三種，卽(1)行株距相等之正方形，(2)行株距不等之長方形。(3)四株靠近正方形（圖一）。

栽植株數（S）分 a. b. c. d 四種，其每平方公尺之株數，每株苗數及行株距如表一。

田間試驗採用裂區設計，肥料用量（F）爲主區，栽植方式（t）栽植株數（S）及品種（V）爲副區，小區面積 2m×2.5m＝5m²，重復三次，共設三區集。



(1) 正方形　(2) 長方形　(3) 四株靠近正方形

圖一　三種不同之插植方式

表一　栽植株數 (S) ($1m^2$)

處理	叢數 (叢)	每株苗數 (支)	行距	株距
a	18	6	22.70	22.70
b	36	3	16.66	16.66
c	54	2	13.80	13.80
d	108	1	9.50	9.50

秧苗育成照一般方法擧行，插秧前以先製好的劃行板先劃行然後插秧以求行株距之正確性，每年分一、二期作擧行試驗，故在 49. 50. 51 及 52 之四年間共種植八次，每年耕作時間大致相同。

第一期作播種在 1 月16–20日之間，插秧在 3 月 15–20日之間，收穫期在 7 月 11–19日之間；第二期作播種在 7 月20–24日之間，插秧在 8 月4–10日之間，收穫期則在11月27日–12月18日之間。

生育期間除草三次，在第一次除草時除施全氮量之一半爲追肥外，其餘肥量在插秧前施作基肥。

生育期中各性狀之調查，每小區逢機取四處，每處調查五株，第一期作在插秧後35天，45天，55天共三次，第二期作則在插秧後25天，35天，45天共三次，收穫時採取各小區之生育調查株（20株）先行調查，病蟲，被害枝，然後乾燥再行調查稈長、穗長、一穗粒數、一穗重量等，調查完畢後將谷粒脫粒加入各小區之收量。

籾谷、病害、蟲害、倒伏調查方法如下：

1. 籾谷（不稔谷）——由小區收穫稻谷乾燥後，經風扇分開精谷及不稔谷（籾），秤量記錄統計公斤/公頃平均數字。

2. 病蟲害——收穫當時將每小區生育調查株採取調查罹病莖與蟲害莖，分別記錄計算全小區被害率。

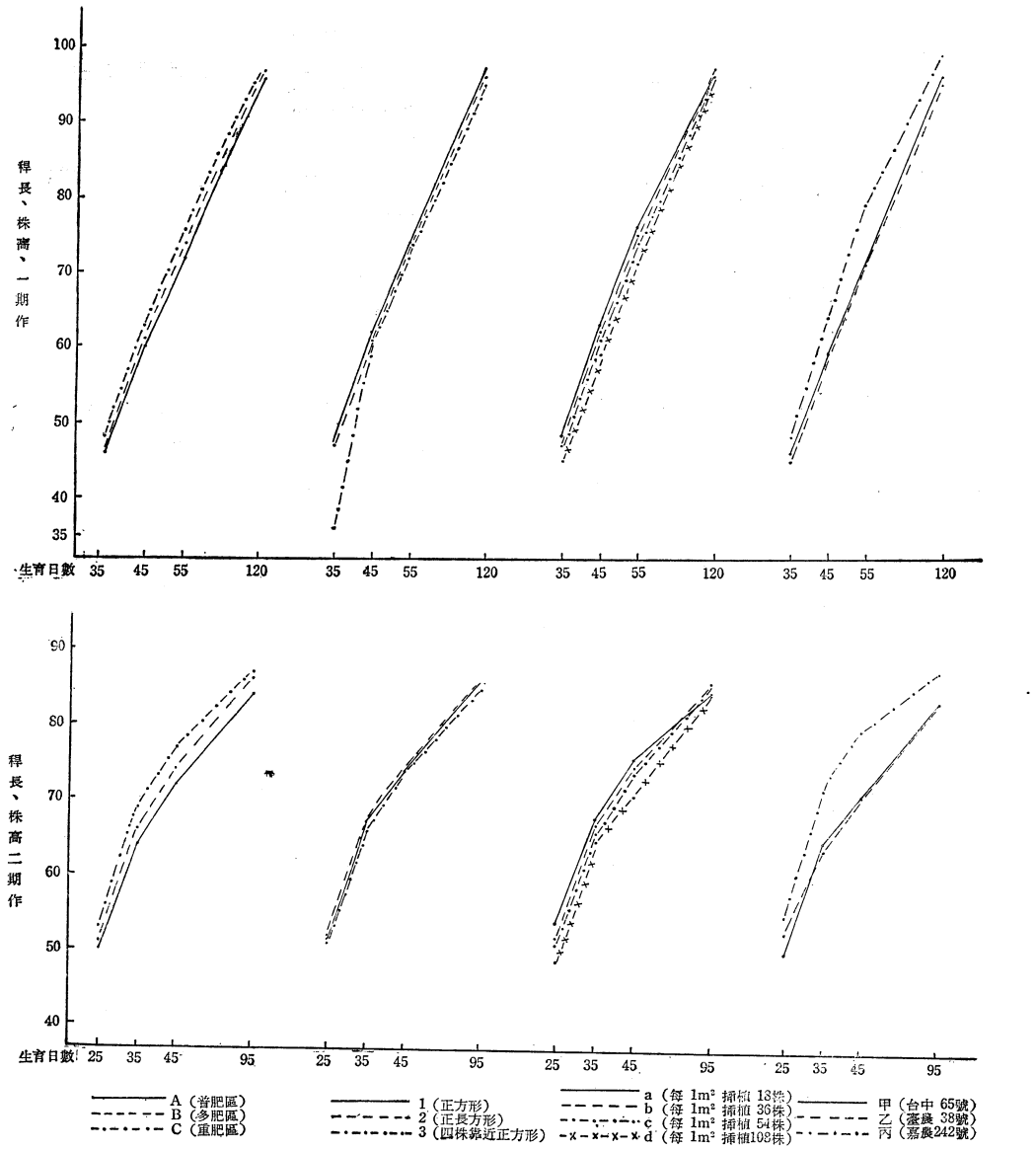
3. 倒伏——在田間立毛角度分作三階段，以 0. 1. 2. 數代表統計平均數，卽 0＝87－60度，1＝59－30度，2＝29－1 度之姿勢。

試驗結果

1. 不同栽植處理對株高，稈長之影響

茲將各處理株高，稈長第一期作四年，第二期作三年之平均數如圖二，生育中之株高及收穫時之稈長，依肥料增施而增加，此種情形自初期生育至後期或至抽穗後一期作與二期作，皆屬如此，觀其肥效概與普通插植密度有相似之傾向。

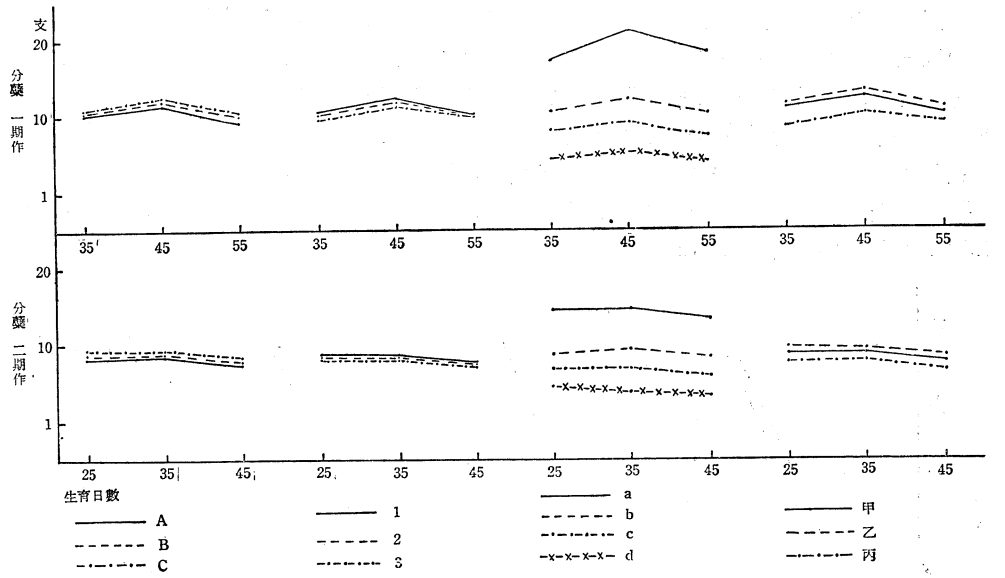
不同插植方式對株高，稈長之影響以正方形爲大，到後期差異低微，第一期作於初期，中期之株高均以正方形之插植爲高，至後期反爲稍低，然於抽穗後稈長又增高。第二期作株高與稈長，長方形插植均呈高，正方形次之，但處理間之差異甚微。栽植密度之增加時株高亦低下，至抽穗後之稈長不然，每 1 m² 插植 54株最高，36 株次之，18 株最低，此與株高相反，此種情形一期作及二期作相似。就品種而言，嘉農242號株高最高，臺農 38 號與臺中65號相差不多。卽一期作臺中65號 96.47 cm，臺農 38 號 95.47 cm，嘉農 242 號 99.60 cm，二期作臺中 65 號 84.63 cm，臺農 38號 84.27 cm，嘉農 242 號 88.93 cm。



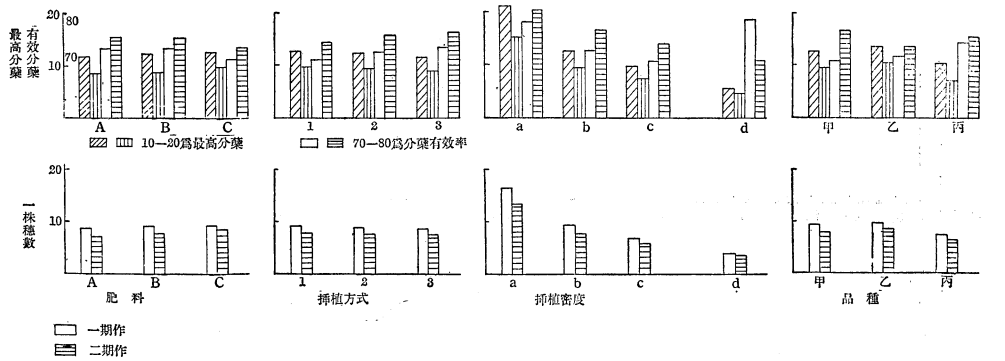
圖二　不同處理因子對株高及稈長之影響

2. 不同栽植處理對分蘗數及穗數之影響

各因子對分蘗穗數，一期作與二期作差異之傾向概相似；分蘗有效率一期與二期稍參差，由圖三、四可知，一般而言，依施肥量增加，分蘗數及穗數均有增加之傾向，其肥效之表現甚爲明顯，



圖三　不同因子與生育中之分蘖情形



圖四　各因子要最高分蘖，分蘖有效率，一株穗之差異

然而其有效分蘖率恰爲相反，即肥料佔多反而減少有效分蘖。就不同插植方式而言，正方形插植者分蘖與穗數最多，四株靠近正方形最低，然有效分蘖率則相反，收穫當時之穗數之相差一期作較二期作爲多。一般而言，單位面積之株數增加，則分蘖數，有效分蘖率及穗數減少。但單位面積之總穗數仍隨增加密度而增加。分蘖數與穗數係品種固有的特性隨品種而異，臺農 38 號最多，嘉農242號最少，有效分蘖率則第一期作以嘉農242號爲最高，第二期作以臺中 65號爲最高，臺農 38號均低。不同插植苗數影響分蘖甚大，即一株苗數增加時分蘖數減少，兩者成反比例。一般而言，有效分蘖率因苗數減少而低下，即分蘖愈多則有效分蘖率愈低。插植方式不同影響初期生育分蘖穗數及產量一事尤需注意。

3. 各處理因子對生育日數之影響

茲將插秧後至抽穗之平均生育日數示如表二。

不同處理因子對生育日數之影響，一期與二期大致相似。即肥量增加時延長生育日數，不同插植方式對生育日數之影響不大。插植密度不同則生育日數之相差極爲顯著，尤以一期作爲甚。1 m^2 插植18株者較108株者相差六天之多，第二期作則相差二天左右。

插植密度愈大生育日數愈短，此傾向一、二期均同，品種間生育日數相差不多。

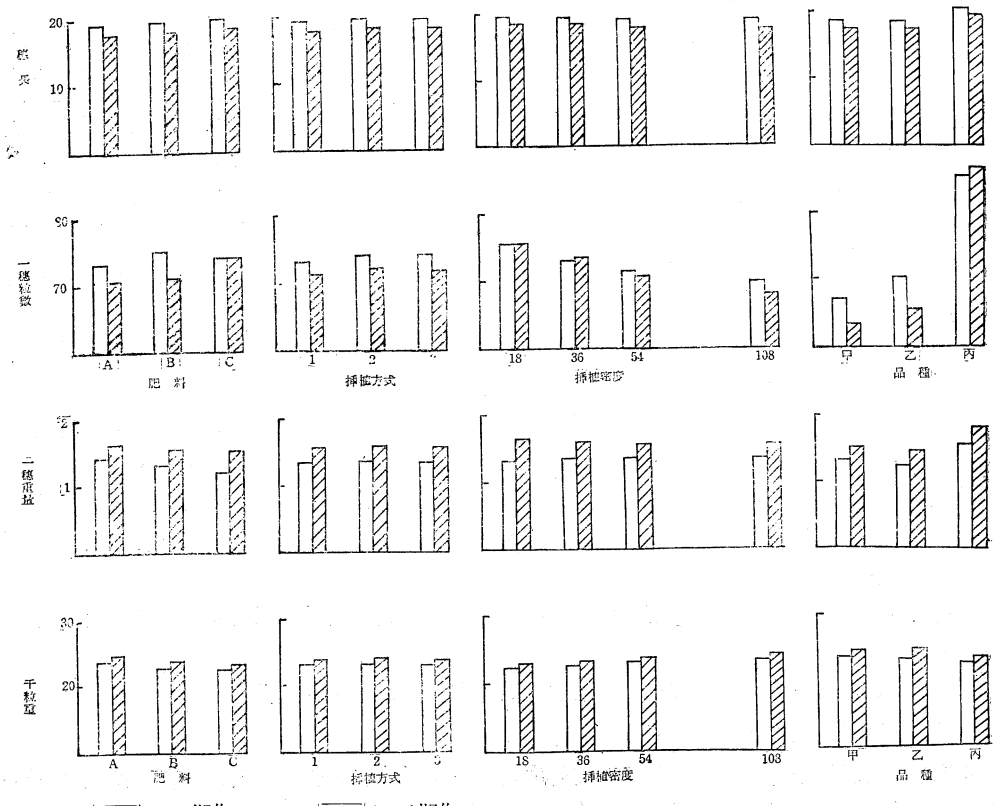
表二　各處理因子對生育日數之影響

處理別＼期作別	一期作（日）	二期作（日）	處理別＼期作別	一期作（日）	二期作（日）
A 普肥區	87.9	65.5	a 1 m² 18叢	91.1	67.3
B 多肥區	89.3	66.3	b 1 m² 36叢	87.2	66.7
C 重肥區	90.2	67.4	c 1 m² 54叢	88.2	66.3
			d 1 m² 108叢	85.0	65.6
1. 正方形	88.9	66.4	甲 臺中65號	89.4	66.1
2. 長方形	89.1	66.5	乙 臺農38號	88.7	66.3
3. 四叢靠近正方形	89.4	66.6	丙 嘉農242號	90.0	67.0

4. 各處理因子與收量構成因子之關係

由圖五可知穗長隨施肥量增加而略爲增加，一穗粒數亦有同樣傾向，但重肥區較多肥區略減少，一穗重量與千粒重量與穗長相反，即施肥量增加則一穗重量略爲減少，此種情形在一、二期作均同，不同種植方式間之穗長，一穗重量、一穗粒數、千粒重量等之差異不大。穗長及一穗粒數一、二期均隨栽植密度之增加而漸減，一期作疏植區之一穗重量較密植區爲輕，而在二期作因結實受冷害、病蟲害與倒伏之影響，此傾向不鮮明。嘉農242號穗長、穗重、一穗粒數等皆冠於臺中65號及臺農38號，但千粒重量輕，臺中65號及臺農38號爲大。

如上述各因子與各性狀之差異幅度，隨不同處理而不同，例如增施肥量者隨之增加稈長、穗長



圖五　各因子與穗長，一穗粒數，一穗重量，千粒重之差異

、一穗粒數等性狀之情形，二期作之變異幅度較一期作爲大。一穗重量則相反，即相差幅度一期作較二期作爲大。此種差異主要因施肥量影響結實之故，一期作稻較二期作罹病與倒伏較多，故結實不佳，因之一穗重量自應較輕，多肥收量不佳之主要原因亦在此。插植愈密稈長、穗長、一穗粒數隨之減少，其相差幅度一期作較二期作爲大，就中一穗粒數與一穗重量最甚，一期作之密植區雖減少穗長、一穗粒數，而其一穗重量按依密度則上昇，此種情形可謂一期作密植區之結實較疏植區爲佳，換言之，一期作密植區可減少病蟲害與倒伏之影響。

5. 不同處理因子對不稔谷（粃）病蟲害，倒伏等之影響

表三　不同處理影響粃重、病蟲害、倒伏之程度

處理＼期作別＼項目	一期作 粃重(kg)	病害(%)	蟲害(%)	倒伏	二期作 粃重(kg)	病害(%)	蟲害(%)	倒伏
A 普肥區	365	9.4	5.2	0.8	178	1.6	0.8	0.3
B 多肥區	438	13.1	5.7	1.0	191	2.4	1.3	0.7
C 重肥區	554	15.3	6.3	1.3	204	3.7	2.2	0.9
1. 正方形	446	12.9	5.4	1.1	184	2.8	1.7	0.6
2. 長方形	454	12.9	5.9	1.0	192	2.6	1.4	0.6
3. 四叢靠近正方形	457	12.0	5.9	1.0	197	2.3	1.2	0.6
a 1 m² 18株	483	20.6	10.5	1.1	193	4.2	2.2	0.6
b 1 m² 36株	468	14.6	6.6	1.1	199	3.1	1.8	0.6
c 1 m² 54株	434	9.5	4.0	1.0	19?	.1	1.1	0.5
d 1 m² 108株	423	5.7	1.9	0.8	178	1.0	0.7	0.5
甲 臺中65號	361	11.4	5.1	0.7	155	1.6	1.0	0.5
乙 臺農38號	461	11.9	5.8	0.7	186	2.6	1.6	0.5
丙 嘉農242號	534	14.5	6.4	1.4	232	3.6	1.8	1.0

如上所述病蟲害，倒伏性影響谷粒之結實率最大，茲將調查結果示於表三，由表三可知施肥量與粃重之關係密切，即肥料愈多粃重亦隨之增加，此情形一、二期作均同。

不同插植方式間粃重之差異不大。不同插植密度間之粃重之差異雖不大，但有隨密度增加而減少之傾向，就品種而言嘉農242號最多，臺中65號最少。

病蟲害之被害率隨肥料施用量增加而增加，而與插植方式關係極少。病蟲害，隨栽密度之增加而減少。因此在一定範圍內增加株數，減少每株之苗數，即小株密植可減少病蟲害。

倒伏與一般情形相同，隨施肥量之增加而增加，對插植方式差異不大，嘉農 242 號倒伏最多，臺中65號，臺農38號則較少，此即表示穗數形品種，株高較矮，生長直立承受雨打之力大，不易倒伏，而穗重形品種與此恰爲相反。

通觀之各因子影響粃重、病蟲害、倒伏等情形，一、二期作概爲相似之傾向，其程度一期較二期爲大。

如何減少這些障碍物，以提高單位面積之產量，在密植栽培上非常重要。

6. 不同處理因子對稻谷產量之影響

爲明瞭各處理因子對谷產量之影響，在收穫期將各小區分別收割去什後秤量精谷量，然後再爲每公頃之產量整理後進行變方分析，一期作爲民國 49、50、51、52 四年之合併資料，二期作爲50、51及52三年之合併資料，茲將分析結果示於表四及表五。

表四　第一期作產量之變方分析表（49. 50. 51. 52 四年平均）

變異原因	自由度	平方和	平均方和	F 值	理論 F 值 5%	理論 F 值 1%
年度(Y)	3	219,238,683	73,079,561			
區集(B)	8	41,927,715	5,240,964			
肥料用量(F)	2	144,660,469	72,330,234	14.8574**	3.63	6.63
YF	6	26,473,938	4,412,323	0.9063	2.74	4.20
主區機差(Ea)	16	77,892,909	4,868,307			
栽植方式(t)	2	5,342,158	2,671,079	6.7667**	3.00	4.62
插植株數(S)	3	81,026,146	27,008,715	68.4217**	2.61	3.80
品種(V)	2	43,995,930	21,997,965	55.7279**	3.00	4.62
Yt	6	1,175,164	195,861	0.4932		
YS	9	3,354,983	372,776	0.9444		
YV	6	12,017,983	2,002,997	5.0742**	2.10	2.82
Ft	4	1,156,016	289,004	0.7321		
FS	6	1,401,059	233,510	0.5915		
FV	4	5,043,291	1,260,823	3.1941*	2.38	3.34
tS	6	6,193,635	1,548,409	3.9226**	2.10	2.82
tV	4	712,859	178,215	0.4515		
SV	6	4,643,194	773,863	1.9604	2.10	2.82
YFt	12	2,342,530	195,211	0.4945		
YFS	18	9,438,222	524,346	1.3283		
YFV	12	4,128,132	344,000	0.8715		
StS	18	2,700,377	150,021	0.3800		
YtV	12	2,152,217	179,351	0.4543		
YSV	18	4,487,430	249,301	0.6315		
FtS	12	11,075,313	922,943	2.3381**	1.76	2.20
FtV	8	1,974,815	246,851	0.6253		
FSV	12	9,289,144	774,095	1.9610*	1.76	2.20
tSV	12	5,580,976	465,081	1.1782		
YFtS	36	10,179,223	282,756	0.7163		
YFtV	24	7,255,272	302,303	0.7658		
YFSV	36	7,351,146	204,198	0.5173		
FtSV	24	9,298,533	387,439	0.9815		
YFStV	72	64,867,920	900,943	12.2824**	1.30	1.44
副區機差(Eb)	876	345,791,590	394,739			
總計(T)	1295					

表五　第二期作產量之變方分析表（50. 51. 52 三年平均）

變異原因	自由度	平方和	平均方和	F 值	理論 F 值 5%	理論 F 值 1%
年度(Y)	2	51,002,168	25,501,084			
區集(B)	6	48,860,647	8,143,441			

肥料用量(F)	2	4,320,957	2,160,478	0.4572	3.88	6.93
YF	4	9,486,577	2,371,644	0.5019	3.26	5.41
主區機差(Ea)	12	56,700,469	4,725,039			
栽培方式(t)	2	1,022,535	511,267	1.7259	3.01	4.65
插植株數(S)	3	23,562,496	7,854,165	26.5141**	2.62	3.82
品種(V)	2	12,350,334	6,175,167	20.8461**	3.01	4.65
Yt	4	208,075	52,019	0.1756	2.39	3.36
YS	6	1,835,077	305,846	1.0325	2.11	2.84
YV	4	2,239,826	559,956	1.8903	2.39	3.36
Ft	4	1,391,308	347,827	1.1742		
FS	6	372,834	62,139	0.2098		
FV	4	2,141,205	535,301	1.8071	2.39	3.36
tS	6	2,549,626	423,438	1.4294	2.11	2.84
tV	4	338,719	84,680	0.2859		—
SV	6	4,606,615	767,769	2.5918*	2.11	2.84
YFt	8	1,032,510	129,064	0.4357		
YFS	12	926,109	77,176	0.2605		
YFV	8	2,056,813	257,102	0.8679		
YtS	12	1,137,833	94,819	0.3201		
YtV	8	724,567	90,571	0.3057		
YSV	12	3,164,118	263,676	0.8901		
FtS	12	5,517,884	459,824	1.5523	1.77	2,22
FtV	8	1,846,999	230,875	0.7794		
FSV	12	2,379,873	198,323	0.6695		
tSV	12	2,906,464	242,205	0.8176		
YFtS	24	3,245,443	135,227	0.8847		
YFtV	16	2,445,703	152,856	0.5160		
YFSV	24	846,053	35,252	0.1190		
FtSV	24	90,164,739	3,756,864	12.6824**	1.54	1.83
YFStV	48	16,351,066	340,647	1.1499*	1.06	1.08
副區機差(Eb)	654	193,731,900	296,226			
總計(T)	971					

由表四可知第一期作肥料用量、插植方式、插植株數及品種等各因子之實測F值均較理論值爲大，表示差異極爲顯著，觀各因子間之交感、年度×品種、插植方式×插植株數、年度×肥料用量×插植方式×插植株數×品種等之交感亦極爲顯著，每年分析結果與上記情形概大同小異。又由表五可知第二期作因子間實測F值插植株數及品種極顯著，肥料用量及插植方式均不顯著。因子間之交感作用除插植株數×品種、肥料用量×插植方式×插植株數×品種、年度×肥料用量×插植方式×插植株數×品種以外均不顯著。

一期作與二期作實測F值之顯著性有差異，此種情形在每年分析結果情形概大同小異。茲將各因子主效應與交感列於表六。如表六所示不同肥料用量由稻收量之差異顯著，其效應方向隨肥量增加而低下，即肥量愈多收量愈低，相差愈遠，有成反效果之傾向。就插植方式之主效應而言，一期作三種不同插植方式中正方形插植區效應最高，長方形次之，四株靠近正方形最低。其相差產量非常顯著，每公頃達100-150公斤之多（表七）。二期作三種插植方式間差異不顯著（表五）。插植

表六　肥神用量主效應比較（第一期作）

試級		肥料用量（公斤/公頃）	平均產量（公斤/公頃）	差	數
A	堆肥	15,000			
	硫酸錏	400	4,459		
	過磷酸鈣	400			
	硫酸鉀	100			
B	堆肥	15,000			
	硫酸錏	600	4,124	335*	
	過磷酸鈣	600			
	硫酸鉀	150			
C	堆肥	15,000			
	硫酸錏	800	3,645	814**	479**
	過磷酸鈣	800			
	硫酸鉀	200			

L.S.D.　5%=318.28　1%=438.53

表七　插植方式主效應比較（第一期作）

試級	插植方式	平均產量（公斤/公頃）	差	數
1	正方形	4,145		
2	並木形	4,092	53	
3	四株集近正方形	3,990	155**	102*

L.S.D.　5%=83.77　1%=110.27

株數主效應，一、二期作均顯著，如表八、九所示 a. b. c. d 四種，密度之收量均依密度而增加，其相差數量又極顯著，若以 a 與 d 此較之，則每公頃相差達 634 公斤，此種情形在過去每年之成果亦如此，可就對增產上相當有效。第二期作情形稍不同，第一期作 108 株插植區產量最高，但二期作則54株區產量最高，108 株區產量反而減低，察其原因可能因爲二期作抽穗期逢冷溫而減低結實率之故。

如表四、五所示，品種間之相差在一、二期作均爲顯著。就一期作而言，臺中65號產量最，高臺農 38 號次之，穗重型之嘉農242號最低，品種間產量之相差極顯著。就第二期作而言，穗數型之臺農 38號最高，臺中 65號次之，穗重型之嘉農242號最低，此結果表示，密植栽培應選用穗數或中間型較宜。此結果與民國 54 年一期作嘉義試驗分所及臺中、臺北、花蓮與臺東等區改良場之成績 (65-A-1658) 結果完全符合。

表八　插植株數主效應比較（第一期作）

試級	插植株數（每 1 m²）	平均產量（公斤/公頃）	差		數
a	18株	3,697			
b	36株	4,007	310**		
c	54株	4,268	571**	261**	
d	108株	4,331	634**	324**	63

L.S.D.　5%=94.75　1%=124.72

表九　插植株數主效應比較（第二期作）

試級	插植株數（每 1 m²）	平均產量（公斤/公頃）	差		數
a	18株	3,254			
b	36株	3,558	304**		
c	54株	3,661	407**	103*	
d	108株	3,592	338**	34	69

L.S.D.　5%=96.78　1%=127.40

表十　品種主效應比較（第一期作）

試級	品種	平均產量（公斤/公頃）	差	數
甲	臺中 65 號	4,312		
乙	臺農 38 號	4,054	258**	
丙	嘉農 242 號	3,862	450**	192**

L.S.D.　5%=83.77　1%=110.27

表十一　品種主效應比較（第二期作）

試級	品種	平均產量（公斤/公頃）	差	數
甲	臺中 65 號	3,531		
乙	臺農 38 號	3,646	115**	
丙	嘉農 242 號	3,372	159**	274**

L.S.D.　5%=83.81　1%=110.32

表十二　品種與年度交感作用比較（第一期作）

年度＼品種	臺中 65 號	臺農 38 號	嘉農 242 號	平均
1960	− 79	+ 71	+ 8	0
1961	− 69	− 58	+ 129**	+ 2
1962	+ 9	− 74	+ 66	+ 1
1963	+ 142**	+ 62	− 203**	+ 1
平均	+ 3	+ 1	0	

L.S.D.　5%=83.77　1%=110.27

表十三　肥料與品種交感作用比較（第二期作）

肥料＼品種	臺中 65 號	臺農 38 號	嘉農 242 號	平均
A	− 99**	+ 24	+ 74*	− 1
B	+ 30	+ 48	− 80*	− 2
C	+ 67	− 73*	+ 4	− 2
平均	+ 2	− 1	− 2	

L.S.D.　5%=68.40　1%=90.04

表十四　插植方式與插植株數交感作用比較（第一期作）

方式＼株數	a	b	c	d	平均
1	− 17	+ 8	+ 89*	− 80	0
2	+ 40	− 21	− 142**	+ 124**	+ 1
3	− 23	+ 13	+ 53	− 42	+ 1
平均	0	0	0	+ 2	

L.S.D.　5%=83.77　1%=110.27

表十五　插植株數與品種交感作用比較（第二期作）

株數＼品種	臺中65號	臺農38號	嘉農242號	平均
a (1 m² 18)	+ 96**	+ 2	− 98**	0
b (1 m² 36)	+ 44	+ 12	− 56	0
c (1 m² 54)	− 14	− 50	+ 64*	0
d (1 m² 108)	− 126**	+ 36	+ 90**	0
平均	0	0	0	

L.S.D.　5%=59.27　1%=78.02

因受不同年度氣象因子變化之影響，同一品種產量之變化極爲顯著。例如於表十二所示臺中65號於1960年一期1961年一期均減收，而於1963年一期作則顯然增收；嘉農242號在1961年一期作與1963年一期作之增減極顯著，前者與後者之增減情形概相反；臺農38號較穩定增減不顯著，似受氣象因子變異之影響較小。由不同品種對肥料用量與收量有顯著之差異表現，甲品種於A區減收極顯著，而於 B、C 區均有增加之傾向；乙品種在 A、B 區均有增收在 C 區則減收很明顯；丙品種參差不一，即在 A 區有顯著的增收，於 B 區有顯著的減收，在 C 區之增減不大明顯，此種情形似與病蟲害或倒伏之影響有關。插植方式與插植株數交感作用之顯著性似無一定之方向，如表十四所示方式一與方式二比較之其收量之增減有相反之傾向，可見行距不同顯然影響收量，方式三概與方式一相近，視其交感作用又與方式一相似，即兩者之增減情形亦相同。插植株數與品種交感作用在第二期作顯著，茲將其作用比較於表十五。由表十五可知甲品種在a之密度最顯著，b之密度亦有增收之表現，在c之密度表現減收，在d之密度減收極顯著。乙品種與密度影響不大顯著，除C區之密度以外，概隨密度之增加而增收。

丙品種概與甲品種相反，對不同密度之表現極爲顯著。由此可知插植密度有一限度且與品種間之關係非常密切，如前所述單位面積之收量由增加株數減少每株之苗數而增加收量，一期作 108 株，二期作54株之密度收量最高與林四郎氏之收量最高之每坪株數80株（1 m²=24株）與本試驗不同。第二期作 108 株區未達最高收量，主爲抽穗期逢冷溫及鼠害之故。一株粒數因株數增加而減少，但總粒數隨株數的增加而增加（表十六）。又觀圖五，一穗重量差異不大，但總穗重隨株數之增加而增加，而千粒重因增加株數而略有增加，總產量則因株數之增加而明顯的增加，此情形一、二期作均相似，由此可知單位面積之收量由栽植密度之增加而增加，其最高收量皆在每 1m² 插植108株似無疑議。

達到最高收量之最高密度究竟如何，尙需作進一步之試驗，多於108株（1m²）之密度，因田間操作不易似不適實行。

總而言之，各因子中能增加單位面積之粒數者，除品種有關外，肥料之增施及插植株數增加之效果最大；變形插植對增產之效果不大。若將施肥量A區，插植方式一區，插植密度a區，品種甲

表十六　不同密度對 1 m² 總粒數

期作別	項目	1 m²之株數	一株平均穗數（枝）	一穗平均粒數（粒）	一株粒數（粒）	1 m² 總粒數
一期作	a	18	16.17	75.8	1,225.7	22,062.3
	b	36	9.27	73.0	676.7	24,361.6
	c	54	6.55	71.3	467.0	25,218.8
	d	108	3.47	69.9	242.5	26,195.7
二期作	a	18	13.27	75.8	1,005.9	18,105.6
	b	36	7.88	73.1	576.0	20,737.0
	c	54	5.73	70.9	406.2	21,937.9
	d	108	3.37	67.9	228.8	24,712.9

表十七　各因子間粒數與收量之比較

因子別 ＼ 期作別 項目	一期作 粒數指數（%）	一期作 收量指數（%）	二期作 粒數指數（%）	二期作 收量指數（%）
A 普通肥量區	100	100	100	100
B 多肥區	105.42	92.49	109.77	104.72
C 重肥區	105.89	81.74	125.69	102.92
1. 正方形	100	100	100	100
2. 並木形	99.78	98.72	97.06	101.22
3. 四株集近正方形	98.25	96.26	80.58	98.97
a 1 m² 18株	100	100	100	100
b 1 m² 36株	110.42	108.38	114.53	109.34
c 1 m² 54株	114.31	115.44	121.16	112.50
d 1 m² 108株	118.73	117.14	136.49	110.39
甲 臺中 65 號	100	100	100	100
乙 臺農 38 號	108.75	94.02	111.83	103.26
丙 嘉農 242 號	103.93	89.56	113.87	95.50

區，爲標準區計算各因子所得粒數之指數與收量之指數，比較可得表十七，由表十七卽可明瞭彼此間之關係。

討　論

水稻生產之最後目的在求產量之增加，一切栽培措施必需針對此目的而進行；進行每一操作之前，吾人必需先明瞭水稻產量之構成因素。水稻之生產量一般而言，由於穗數×每穗粒數×結實率×千粒重量，此等因素除爲品種原來之特性外，受環境之影響甚大，應用各種栽培技術改善稻生育之環境，則可使水稻先有充分的穗數，增加每穗的粒數，並提高結實率；水稻栽培密度，施肥及品種對比等因素之決定相當有關係。栽植密度之調節有兩種情形，第一是在單位面積內株數一定，每株的苗數增加；第二是在單位面積內每株的苗數一定而將株數增加。根據日本北海道大學農事試驗場之報告，在每坪株數爲50株而每株秧苗不超過三支之情形下，其總穗數因每株秧苗之增加而增加

，產量亦增加5–6%。

山田氏以每坪之秧苗數固定爲 103 支，寬行，五種栽植密度與秧苗數之試驗，其處理每坪插植15株每株12支苗每坪30株，每株 6 支苗；每坪60株，每株 3 支苗；每坪90株，每株 2 支苗；及每坪108株，每株 1 支苗。結果證明在適度之密植情形下，密植而每株秧苗少者，其產量較疏植而每株秧苗多者爲高。林四郎氏（1944）在臺中區農業改良場研究結果，認爲最適當的苗數每坪第一期作爲 350–400支，第二期作爲 400–450支，本試驗參照林四郎氏，在 1 m^2 之面積之苗數定爲108支，變化每株之插植苗數，以本省現行 1 m^2 18 株爲對照。

結果減少每株之苗數而增加單位面積之株數收量高，此結果與新莊三郎（1902）及山田氏相同，增加最高收量之密度如何，在本試驗之範圍內未能下結論，但 1 m^2 108株以上之株數，除實行直播栽培以外，難爲實行。

由本試驗可知密植後雖然穗數及穗重低減，但因爲單位面積內總穗數增加，故其產量仍行提高；至於就栽植方式而言，分蘗及穗數正方形栽植較其他方式爲大。就一穗粒數而言，長方形密植區最高；就產量而觀，第一期作正方形最高。長方形密植次之，二期作則恰爲相反，一般認爲密植因爲陽光之利用空氣之流通較佳，產量較高。

在本試驗之範圍內，認爲一期作應採用正方形，而二期作應採用長方形(寬行)，可能因爲兩期作氣候環境因子不同所使然。蓋第一期作由低溫而高溫，正方形排列可減少，彼此蔽蔽 (Mutual sheding)，並因通風平均而減低植株四圍之溫度，進而減少花期的高溫之損失。第二期作恰爲相反，可能因密植而保持溫度以免寒害。是否如此仍值得進一步探討。

在本研究的發現在單位面積下增加株數時，因增施肥料而產量提高，多肥區之稈長、穗長、穗數及總粒數均因增肥而增加，但一穗重量與千粒重反而低減，查其因爲在多肥密植下稻生育繁茂，陽光及通風不足，易生病蟲害因而減低結實率所致；此結果與第一箸者在1957年所作稻深耕與施肥試驗結果相同，如何在多肥下使肥料充分被利用於植株上並減少空谷子，乃爲今後待改善之最重要問題。

尾方氏（1940）在臺北所作試驗表示最適合之氮肥量 90公斤/公頃磷肥及鉀肥爲 50–100公斤左右；又據張守敬氏之研究在臺北之砂質壤土之最適量爲 N–80. P–40. K–40。

本研究中之普通肥爲 N–82、P–60、K–48，較此標準稍高，其他增施50%及100%結果，結實率不好產量反而減低。

故在密植之下氮量肥不得超過 90公斤/公頃，本試驗之施肥採用基肥一次，追肥一次，分施方法可減少結實率，提高產量一事已爲張萬來氏（1966）所證明，故將來實行密植似應配合合理的分施爲佳。稻增產上優良品種佔非常重要的地位，一般而言，穗數多者則穗重較小，而穗重大者則穗數少，嘉農 242號植株大屬穗重型，臺中 65號則屬中間型，臺農38號屬近穗數型，在密植栽培下，應使用兩型中之何型，值得研究。

穗重形稻逢大雨受雨水壓力，加上本身之重量而在密植之情形下容易倒伏，穗數型恰與此相反。稻稈不重疊加重壓力，且稈長小較不易倒伏，但穗數形因分蘗數較多，在密植下不易通風陽光不均，因而容易發生病蟲害。

此種傾向在本試驗中甚爲明鮮。在密植下單株之平均總粒數，一期作臺中 65號 625粒，臺農38號680粒，嘉農242號650粒。二期作臺中65號494粒，臺農38號552粒，嘉農242號 562粒，臺農 38號在一、二期作表現均好，由此而觀，密植栽培似應選用中間型抗病，抗倒伏而肥料反應大的品種爲宜。

綜合上述，栽植密度、施肥及品種來看，三者間對水稻產量均有密切之關係，而且彼此間互有關連，在密植下提高單位面積之總粒數容易，在增加肥下如何提高結實率，爲實際栽培最重要的問題。雖然如此，密植栽培可提高產量，對此問題今後有加强有關方面研究的必要。

摘　　要

一、爲探討不同栽植密度、肥料施用量及栽培方式對稻產量構成要素及產量之影響，乃利用三品種、臺中65號、臺農38號及嘉農242號，三種施肥量（普通肥、多肥及重肥），三種栽培方式（正方形，長方形及四株靠近正方形）四種栽植密度（每 1 m²、18、36、54及108叢）進行試驗。田間試驗採用裂區設計，肥料用量（F）爲主區，栽培方式（t）栽植株數（S）及品種（V）爲副區，小區面積 2m×2.5m=5m² 重複三次，本試驗在1960-1963之四年間在臺灣省農業試驗所進行。

二、株高，隨肥料之增加而增加，重肥區較多多肥區，又較普肥區爲高，正方形插植前期之株高稍大，但後期之株高不同插植方式間差異甚微。單位面積插植株數愈少，則株高愈大，反之則小。一、二期作均有同樣傾向，臺中65號與臺農38號之株高大致相同，嘉農242號則稍高。

三、分蘖數重肥區多於多肥區，多肥區多於普肥區，一、二期作均同，表示施肥對分蘖及穗數增加之效果甚大。正方形之分蘖及穗數多於普通長方形，長方形之多於四株靠近正方形一、二期均同。一般而言，栽植密度愈小，(18叢 1 m²) 單株穗數愈多（一期作16.2支二期作 12.3 支），但單位面積（1 m²）之總穗數愈小（一期作290支，二期作240支），反之栽植密度愈大（108叢 1m²），則單株的穗數愈小（一期作 3.5支，二期作 3.4支），但總穗數愈大（一期作380支，二期作370支）總穗數之增加構成密植栽培增產之主要原因。

最高分蘖數臺農38號最多，平均一期作 13.4支，二期作 10.2支，嘉農 242 號最少，平均一期作 10.2支，二期作 7.0支，臺中 65號則方於其間。

四、一穗重量，二期作較一期作爲大，不同栽植密度間，一穗重量差異不大，但單位面積(1m²) 之總穗重，因栽植密度之增加而增加。一穗粒數有因栽植密度增大而減少之傾向，但單位面積之總粒數，因栽培密度之增加而有顯然之增加，一期作較二期作更明顯。千粒重隨栽培密度之增加而增加之情形不太顯著，但單位面積之總產量顯然因栽植密度之增加而增加，其差異在統計上甚爲顯著。密植增肥栽培增產之主要因素爲總穗數及總粒數之增加較穗重之效果爲大，因此認爲穗數型品種較適於密植栽培。

五、就插植方式而言，在本試驗之範圍內認爲一期作以正方形，二期作以長方形栽培爲宜，四叢靠近方式效果較差。

參 考 文 獻

1. 張萬來、楊遜謙（1956）：水稻分施與栽植密度對產量構成因子及其他主要農藝性狀之效果㈠農業研究第15卷第1期。
2. 磯永吉（1923）：臺灣稻の育種學的研究臺灣總督府中央研究所農業部報告第37號。
3. 磯永吉（1930）：水稻子實收量と他形質との相關現象の研究並に之が應用。臺灣總督府中央研究所農業部彙報第79號。
4. 磯永吉（1944）：水稻の栽植密度に關する研究臺中州立農事試驗場出版第76號。
6. 尾方保見（1940）：內地種水稻に對する三要素の影響に就て。臺灣農事報第35．36號。
7. 新莊三郎（1902）：水稻の特性と栽植の疏密。日本農商務省農事試驗場報告第24號。
8. 謝全份（1951）：耕鋤深淺施肥量及施肥法對水稻產量之影響。臺灣省農業試驗所農業研究第七卷第三期。
9. 吉川祐輝（1931）水稻之特性每栽植疏密之關係。日本農商務省農事試驗場報告第17號。
10. 安藤廣大郎（1923）水稻之分蘖與插植密度之關係日本農商務省農事試驗場報告第40號。
11. 臺中州立農事試驗場（1927）：水稻に於ける株間距離一株苗數並に總苗數と收量構成諸性狀の發揮。臺中州立農事試驗場出版第30號。
12. 山口尙夫（1959）：水稻の草丈分蘖生穗及子實收量にほす窒素質肥料施用時期の影響。臺灣總督府農業試驗所彙報第152號。
13. 安田貞雄（1930）：栽培學汎論。
14. 平島寅雄（1951）：栽培學（耕種編）。
15. 戶利義次（1951）：稻作新說。
16. 窒島錚一郎（1955）施肥の理論。

EFFECTS OF DIFFERENT PLANTING DENSITIES, AMOUNTS OF FERTILIZER APPLICATION AND PLANTING FORMS ON THE YIELD OF RICE

By

CHUANG-FEN HSIEH, SHU KAO AND CHUNG CHIANG

SUMMARY

1. The present studies deal with effects of different planting densities, amount of fertilizer application and planting forms to the yield components and yield of rice. Three Ponlai varieties (*japonica* type) i.e. Tainung No. 38 (panicle-number type), Chianung No. 242 (panicle-weight type) and Taichung No. 65 (intermediate type), three planting forms i. e. ordinary-square, rectangular and closely-concentrated-square, three levels of fertilizer application i. e. ordinary amount, half increased amount and double amount, four kinds of planting densities i. e. 8, 36, 54 and 108 hills per 1 m^2, were used. These factors were arranged by spilit plot design; fertilizer (F) was treated as main plot, while planting forms (T), planting densities and varieties (V) were treated as sub-plot. Each plot occupy an area of $2\,m \times 2.5 = 5\,m^2$ with three replications. The experiments were repeated four times at the Taiwan Agricultural Research Institute during the period of 1960–1963.

2. The plant height was found to be increased when the amount of fertilizer was increased, it was higher in the heavily-fertilized plot than moderately-fertilized plot, that in moderately fertilzed plot was higher than that of ordinary fertilized plot. Plant height in square-planting form was larger in the eary stage but no significant difference among different planting forms was found at the later stages. Chianung 242 was largest in plant height, while Taichung No. 65 and Taichung No. 38 were about the same.

3. Number of panicles in heavily-fertilized plot was larger than that of moderately-fertilized plot, and that in moderately-fertilized plot was larger than that of ordinary-fertilized plot. This shows that there was the prominent effect of fertilizer application to panicle and tiller numbers. Tiller and panicle numbers in squareplanting form was larger than that in other forms. This was true in both lst and 2nd crops. Generally speaking, the smaller the planting density (18 hills per 1 m^2), the larger the no. of panicle per hill (lst crop 16.2, and 2nd crop 13.3) while total no. of panicle per unit area (1 m^2) is 16.2 smaller (lst crop 290, 2nd crop 240). On the contrary, the larger the planting density (108 hills per 1m^2), the smaller the number of panicle (lst crop 3.5, 2nd crop 3.4), but the total no. of panicle is larger (lst crop 380, 2nd crop 370). The increase of the total number of panicle in an unit area, being the main reason of yield increase for close-planting in rice.

4. Single panicle weight in 2nd crop was larger than that of lst crop. No significant difference for single panicle weight in different planting densities was found. however, the total weight per unit area was increased according to the increase of number of hills. There was a tendency that number of grains per panicle is reduced according to the increase of planting densities, but the total number of grains per unit area was significantly increased. This tendency was more prominent in lst crop than 2nd crop. Weight of 1,000 grains was not significantly increased according to the increase of number of hills per unit area, but the total grain weight (total yield) was increased significantly according to the increase of planting density.

5. It is considered that the increase of yield in close planting is mainly due to an increase of total number of panicle, total number of grains and total weight of panicle. The total number of panicle is considered to be the most important factor for yield increase; therefore variety of "panicle number type" might be better for close-planting than the panicle weight type so for the present experiment is concerned.

6. It was found within the present experiment, that square-planting form was better in lst crop, but rectangular form was better in the 2nd crop, while effectiveness of closely-concentracted form to the yield was not significant.