

栽培密度對半結球萵苣生育及產量之影響

張簡秀容、許苑培

摘 要

本試驗旨在探討栽培密度對半結球萵苣生長速率及產量之影響，以半結球萵苣大湖 659 為供試品種。栽培行株距分為 13×15、20×20、20×25、40×30、40×35、40×40 cm 等六種處理，小區栽培密度依次為 144、76、60、36、33 及 30 plants/3.2m²。結果顯示，栽培密度高者，移植之後，其植株鮮重之生長速率 (Absolute Growth Rate; AGR) 及乾重之相對生長速率 (Relative Growth Rate; RGR) 的最大值較早到達，密度低者則較晚到達，密度愈高其 RGR 最大值持續的時間較短，並且 RGR 下降的速率較大，反之則持續較長的時間，下降的速率亦較緩慢。密度愈高葉面積比 (Leaf Area Ratio; LAR) 及葉面積指數 (Leaf Area Index; LAI) 隨著增大，當密度大於 60 plants/3.2 m² 時，反而變小。密度低者其葉比重 (Specific Leaf Weight; SLW) 變大，但未達顯著水準。密度低者其葉比面積 (Specific Leaf Area; SLA) 變小，因此，密度低者其葉片增厚，葉面積減少。密度太高或太低均使單位面積產量下降，而以密度 60 plants/3.2m² (行株距 20×25 cm) 之產量最高。

關鍵詞：萵苣、栽培密度、生長分析。

前 言

半結球萵苣是屬於結球型萵苣 (*Lactuca sativa* var. *capitata* L.)，頂芽不完全抱合的品種，為菊科作物，性喜冷涼氣候環境，其葉面平滑，葉型略圓，葉色淡綠或綠色，葉肉薄而柔軟，是很重要的葉用蔬菜之一。迄今，國內尚未見有關探討此一作物之栽培密度與其產量、品質及其他生育有關因子之相關研究。栽培者對於適當的採收時期及葉球大小之決定，均依經驗為之，並無一定之標準，因此，不容易掌握其最大生產量之發生適期。一般作物適宜的栽培密度，可以提高產量，提升品質，減少損耗，及增加產值，密植之植株，彼此互相競爭營養、陽光及水，導致單株之產量及品質下降。雖然，栽培密度增加，單位面積的產量隨著增加，但是，單株重反而下降，品質亦隨之下降^(6,7,15)。萵苣、青

花菜、花椰菜、玉米、蘆筍、番茄及甜椒，其產量均隨著栽培密度之增加而增加^(5,6,7,9,11,15,17)，但是品質卻降低約 50~60%⁽⁶⁾。Martinac, et al. (1986) 報導萵苣「Jessy」、「Luro」、「Marcia」、「Orba」及「Vasco」之產量及單球重量受栽培密度影響，密度增加其單位面積產量增加，但是，其單球重量反而減少。在每 m² 上種植 29、26 及 24 株之處理，其平均產量大於 20 及 17 株之處理，但是，其單球重量反而減少。Loughton, et al. (1996) 調查蘆筍七年的總產量，栽培密度每縮小 1 cm，總產量增加 46.5 kg/ha⁽¹³⁾。青花菜栽培密度增加，其產量增加顯著，但是，增加至某一程度時，反而導致單株之產量及品質下降⁽⁹⁾，番茄產量亦隨栽培密度增加而增加，但是，單株之果實數目反而減少⁽¹⁶⁾。因此，當生產目的或者栽培環境條件改變時，若欲調整作物的栽培密度，必須注意作物栽培密度的極限，避免密度太高而造成植株間之相互競爭，以提高單位面積的生產量、單株的重量及品質兼具為佳^(3,19)。至於半結球萵苣是否亦有如上述各種作物所呈現之效應，值得探究。因此，本試驗以不同行株距之栽培密度，分析其對生育及產量之效應，探求其最適密度，供機械移植栽培之參考。

材料與方法

本試驗於新屋鄉本場進行，供試品種為大湖 659，栽培行株距分別為 13×15、20×20、20×25、40×30、40×35、40×40 cm，六種處理，小區栽培密度依次為 144、76、60、36、33 及 30 plants/3.2m²，試驗採用逢機完全區集設計 (RCBD)，四重複，試驗期間自 2001 年 9 月 6 日至 11 月 29 日止。試驗之幼苗經育苗至 3~4 片本葉，再移植至田間進行試驗，9 月 6 日育苗，10 月 3 日移植至田間，田間雞糞堆肥施用量為 16,000 kg/ha，基肥一次全量。育苗穴盤規格之長×寬 = 60×30 cm (288 穴)，介質為 BVB no.4，幼苗本葉期每隔 3 天施肥一次，肥料 N-P-K = 20-20-20，施肥濃度為 1,000 ppm。

生育期間每隔 5 至 7 天調查植株及根之鮮重與乾重，葉面積於葉球開始結球之前調查，移植之後第 23 天葉球開始結球。以上調查資料作為植株鮮重、乾重及葉面積分析計算之根據^(2,3)，求出植株鮮重之生長速率 (Absolute Growth Rate; AGR) 是指作物在單位時間內所累積的生長量，乾重之相對生長速率 (Relative Growth Rate; RGR) 即單位時間內每單位乾重所增加之重量，葉面積指數 (Leaf Area Index; LAI) 即每單位土地面積之葉面積，葉面積比 (Leaf Area Ratio; LAR) 即單位植株重之葉面積，葉比重 (Specific Leaf Weight; SLW) 為單位葉面積所持之葉重，亦稱為葉厚，葉比面積 (Specific Leaf Area; SLA) 為每單位葉重之葉面積。土壤物理化學性質分析，於幼苗移植前，及葉球採收後，分別採取土壤，於自然環境下陰乾，磨粉過篩，分析其 pH、EC、有機質及磷、鉀、鈣及鎂含量。土壤 pH 值，以土：水 = 1：1 (W/V) 一小時平衡後，以 pH 計測定。EC 值以土：水 = 1：1 (W/V) 振盪一小時過

濾電導度計測定。有機質含量以 Walkley Black 法測定⁽¹⁾。有效性磷以白雷氏第一法 (Bray-1 Method) 測定。土壤中有效性鉀、鈣、鎂以孟立克氏法 (Mehlich's method) 測定⁽⁴⁾。數據統計採用 SAS 套裝軟體中之 PROC ANOVA (變異數分析) 進行變方分析, 若處理顯著, 則採用 PROC GLM (一般線性模型) 進行處理之平方和分佈 (partitioning of treatment sum of squares) 分析, 迴歸分析則採用 SAS 套裝軟體中之 PROC REG (一般性迴歸統計分析) 進行。繪圖軟體採用 SigmaPlot 套裝軟體, 對迴歸所得之一及二次多項式進行繪圖。

結果與討論

一、栽培密度對葉面積比 (LAR)、葉面積指數 (LAI)、葉比重 (SLW) 及葉比面積 (SLA) 之影響

栽培密度對半結球萵苣大湖 659 之 LAR、LAI、SLW 及 SLA 之效應, 如表 1。半結球萵苣開始結球前, 移植後第 23 天之 LAR 及 LAI, 在不同密度處理之間, 差異顯著; 當栽培密度由 144 plants/3.2m², 降低到 60 plants/3.2m² 時, 其 LAR 隨著密度降低而增加, 然而, 密度由 60 plants/3.2m² 降低到 30 plants/3.2m² 時, 反而呈現下降的趨勢。LAR 經分析其平方和分佈結果, 以二次式最高為 48.28% (表 2), 適合二次迴歸分析 (圖 1), 顯示其隨著密度的降低而增加, 但是, 當密度降低到 36 plants/3.2m² 時, 反而呈下降的趨勢。LAI 經分析其平方和分佈結果, 以一次式最高為 43.99% (表 2), 顯示其隨著密度的降低而降低, 但是, 從圖 2 資料顯示其在密度 60 plants/3.2m² 時最高, 達顯著水準 (表 1)。

表 1. 栽培密度對半結球萵苣大湖 659 之 LAR, LAI, SLW 及 SLA 之影響

Table 1. Influence of planting density on LAR, LAI, SLW, and SLA of loose head lettuce 'Great-Lake 659'.

行株距 Spacing (cm)	栽培密度 Density (plants/3.2m ²)	葉面積比 LAR (cm ² /g)	葉面積指數 LAI	比葉重 SLW (mg/cm ²)	比葉面積 SLA (cm ² /g)
13×15	144	2262.7 ^c	0.851 ^c	2.238 ^a	447.1 ^{ab}
20×20	76	2605.2 ^b	0.919 ^b	2.223 ^a	449.9 ^a
20×25	60	2920.8 ^a	1.006 ^a	2.313 ^a	432.5 ^{ab}
40×30	36	2572.5 ^b	0.818 ^d	2.304 ^a	434.9 ^{ab}
40×35	33	2385.8 ^c	0.756 ^e	2.308 ^a	433.2 ^{ab}
40×40	30	2407.2 ^c	0.724 ^f	2.322 ^a	430.7 ^b
LSD		153.85	0.0243	0.1025	18.14

同行英文字母相同者表示經 LSD 測驗在 5% 水準差異不顯著。

Mean values within column followed the same letter are not significant by Fisher's LSD test at 5% probability level.

表 2. 栽培密度處理的 LAR 及 LAI 之平方和分佈 (半結球萵苣大湖 659 移植之後第 15 天)

Table 2. Partitioning of treatment (planting density) sum of squares in LAR and LAI of loose head lettuce 'Great-Lake 659' after transplanting 15 days.

葉面積比 LAR			
Source of variation	df	Sum of Squares	Percent of total
Treatments	23	1262579.512	100.00%
Linear	1	4607.713	0.36%
Quadratic	1	622222.323	49.28%
Cubic	1	296191.148	23.46%
Residual	20	339558.327	26.89%

葉面積指數 LAI			
Source of variation	df	Sum of Squares	Percent of total
Treatments	23	0.22195115	100.00%
Linear	1	0.09764313	43.99%
Quadratic	1	0.05727779	25.81%
Cubic	1	0.03411147	15.37%
Residual	20	0.03291876	14.83%

隨著作物生產目的不同，各有其最適宜的葉面積指數 (LAI)，最大 LAI 較早到達，或者持續的時期愈久，則有利於增產^(3,19)。一般在作物的生育初期之 LAI 增加較快，另外，作物栽培密度較高，其 LAI 亦增加較快，達到最大 LAI 的時期亦較早，反之則增加較慢，達到最大 LAI 的時期亦較晚。本試驗在生育初期，移植後第 23 天時，葉球結球前之 LAI 較大之處理，在密度 60~144 plants/3.2m² 之間 (圖 2)，結果在移植後第 47 天時，其單位面積之產量較高，達顯著水準 (表 3)。

SLW 處理之間差異不顯著，雖然密度低者之 SLW 有一些大於密度高者，但未達顯著水準。SLA 以密度 76 plants/3.2m² 最大，30 plants/3.2m² 最小。試驗顯示栽培密度低者其 SLW 變大，SLA 變小，植株葉片增厚，葉面積減少 (表 1)。

葉面積比 LAR (cm²/g)栽培密度 Planting density (plants/3.2m²)

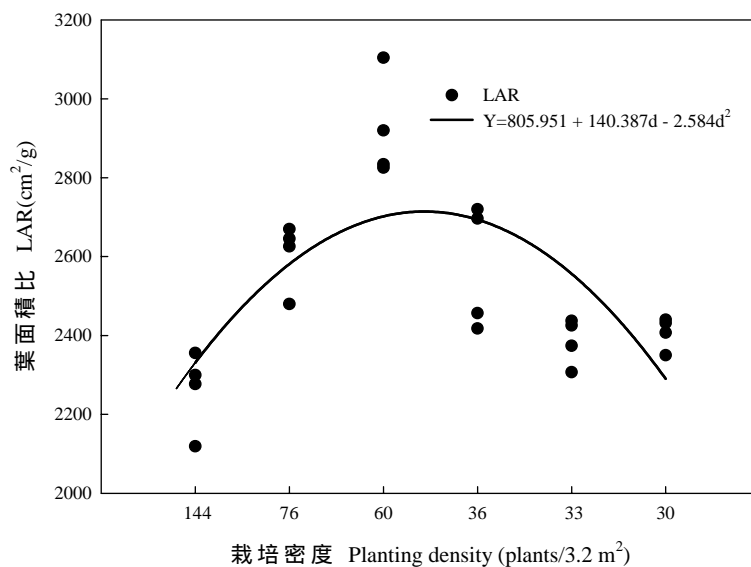


圖 1. 栽培密度對半結球高苣大湖 659LAR 之影響
Fig. 1. Influence of planting density on LAR of loose head lettuce 'Great-Lake 659'.

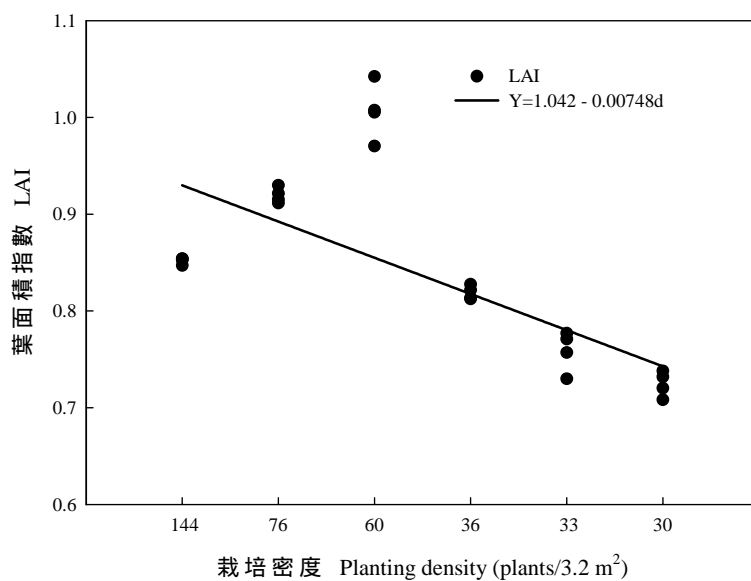


圖 2. 栽培密度對半結球高苣大湖 659LAI 之影響
Fig. 1. Influence of planting density on LAI of loose head lettuce 'Great-Lake 659'.

二、栽培密度對植株鮮重及葉球產量之影響

栽培密度對植株單株鮮重之影響顯著 (表 3)。經分析其平方和分佈結果, 移植後第 17 天, 以一次式最高為 54.15% (表 4), 適合一次迴歸分析 (圖 3)。結果顯示栽培密度降低, 植株單株鮮重隨著增加。但是, 在移植後第 23 天, 則隨著密度降低, 其鮮重反而下降, 接著隨著移植天數之增加, 其鮮重又隨著密度的降低而增加 (表 4、圖 3)。在移植後第 47 天, 其葉球發育成型為採收適期, 其單球重量亦隨著密度的降低而增加。

表 3. 栽培密度對半結球萵苣大湖 659 產量之影響

Table 3. Influence of planting density on the yield of loose head lettuce 'Great-Lake 659'.

行株距 Spacing (cm)	栽培密度 Density (plants/3.2m ²)	移植後之天數 Days after transplanting (day)						LSD
		9	17	23	31	39	47	
		Fresh weight (g/plant)			Fresh weight (g/head)			
13×15	144	3.33 ^f _b	10.9 ^e _b	47.2 ^d _a	113.5 ^c _c	137.5 ^b _d	152.8 ^a _e	4.026
20×20	76	3.37 ^f _b	10.5 ^e _b	46.3 ^d _a	117.4 ^c _c	247.0 ^b _c	296.2 ^a _d	7.996
20×25	60	3.20 ^f _b	13.3 ^e _a	46.3 ^d _a	125.2 ^c _b	262.9 ^b _b	400.8 ^a _c	4.387
40×30	36	3.36 ^f _b	13.1 ^e _a	47.8 ^d _a	132.7 ^c _a	290.6 ^b _a	438.6 ^a _b	7.797
40×35	33	3.31 ^f _b	13.9 ^e _a	45.5 ^d _{bc}	133.5 ^c _a	291.7 ^b _a	485.9 ^a _a	5.943
40×40	30	3.91 ^f _a	13.2 ^e _a	44.6 ^d _c	128.9 ^c _{ab}	282.5 ^b _a	487.2 ^a _a	8.520
LSD	LSD	0.246	1.117	2.251	6.828	11.71	8.834	
		Shoot fresh weight (kg/3.2m ²)			Head fresh weight (kg/3.2m ²)			
13×15	144	0.490 ^f _a	1.610 ^e _a	6.91 ^d _a	16.60 ^c _a	20.4 ^b _a	22.4 ^a _b	0.646
20×20	76	0.265 ^f _b	0.829 ^e _b	3.51 ^d _b	9.14 ^c _b	18.7 ^b _b	23.2 ^a _b	0.617
20×25	60	0.199 ^f _c	0.819 ^e _b	2.89 ^d _c	7.73 ^c _c	16.1 ^b _c	24.6 ^a _a	0.235
40×30	36	0.124 ^f _d	0.488 ^e _c	1.79 ^d _d	4.92 ^c _d	10.9 ^b _d	16.2 ^a _c	0.316
40×35	33	0.111 ^f _d	0.473 ^e _c	1.54 ^d _e	4.55 ^c _d	10.0 ^b _e	16.5 ^a _c	0.249
40×40	30	0.123 ^f _{dc}	0.405 ^e _d	1.37 ^d _e	3.97 ^c _e	8.73 ^b _f	15.1 ^a _d	0.256
LSD		0.022	0.067	0.237	0.381	0.733	0.448	

移植後第 23 天葉球開始結球, 第 39 天時結球明顯。

橫列上標英文字母, 表示移植後天數, 直行下標英文字母表示栽培密度。

同行或同列英文字母相同者表示經 LSD 測驗在 5% 水準差異不顯著。

Mean values within column followed the same letter are not significant by Fisher's LSD test at 5% probability level.

移植後第 23 天, 葉球尚未達採收標準, 縱然在密度較大之處理, 其結球初期之植株鮮重大於其他

處理，卻不能作為單位面積葉球產量之依據。密植區 144 plants/3.2m² 在移植後第 23 天之植株鮮重較大之原因，可能是因密植而發生徒長現象，因而阻礙葉球之發育，致使其在採收期之葉球發育畸形或不結球等不正常現象。

栽培密度對單位面積葉球產量之影響顯著(表 3)。栽培密度太高或太低均會降低單位面積的葉球產量，當栽培密度高於 76 plants/3.2m² 時，例如，密度 144 plants/3.2m² 處理，其產量則呈現下降的情形，但是，密度高如 144 plants/3.2m² 之產量，仍然大於栽培密度低者 36、33 及 30 plants/3.2m² (表 3)。單位面積葉球產量經分析其平方和分佈結果，移植後第 9、17、23、31、39 及 47 天均以一次式最高，分別為 75.6、76.9、78.14、79.7、94.3 及 70.85% (表 5)，適合一次迴歸分析(圖 5)，顯示其產量隨著密度之降低而降低。但是，從圖 5 資料顯示，在移植之後第 47 天時，亦即為採收適期，其單位面積產量是以密度 60 plants/3.2m² 為最高，達顯著水準(表 3)。

Martinac, et al. (1986) 報導萵苣「Jessy」、「Luro」、「Marcia」、「Orba」及「Vasco」之產量及單球重量受栽培密度影響，密度增加其單位面積產量增加，但是，其單球重量反而減少。在每 m² 上種植 29、26 及 24 株之處理，其平均產量大於 20 及 17 株之處理，而其單球重量反而減少。Holliday (1960) 適當的栽培密度可以得到最大的產量，栽培密度太高或者太低反而使其產量降低，例如，玉米、小麥及大豆的種子、豌豆的果夾及番茄的果實，適宜的栽培密度可以使其增產，但是，密度太高或者太低反而使其產量下降⁽¹²⁾。

一般作物的生長發育(生物量)隨著生育日數的增加而增大，當其達到最大時，即開始下降，產量亦如同生物量，當其最高產量達到時，產量則不再增加，如未即時採收，產量不但不會增加反而下降，嚴重者品質劣變，此亦說明在作物最大產量發生時期，即刻進行採收將可以減少損耗，但是，其最大產量發生時期受到栽培密度影響。本試驗在過度密植區，尚未達最高產量時期，即因其生育空間不足而影響其葉球發育而導致畸形或不結球等不正常現象。此外，在疏植區單位面積栽培株數較少，雖然單株葉球重量變大，但是由於植株數量太少反而使其單位面積之葉球總產量降低。因此，必須適當選擇行株距，以獲得最高之產量及品質。本試驗在採收適期，移植後第 47 天之單株葉球重量，以密度 36、33 及 30 plants/3.2m² 之單株葉球最大，但是，其單位面積之葉球產量卻最少；密度 60 plants/3.2m² (行株距 20×25 cm) 之單位面積葉球產量最高 24.6 kg/3.2m²，而且單株葉球重量達到 400.8 g(表 2)。因此，對半結球萵苣大湖 659 品種而言，60 plants/3.2m² (行株距 20×25 cm) 為最適合之栽培密度。

三、栽培密度對植株鮮重生長速率(AGR)及乾重相對生長速率(RGR)之影響

栽培密度對半結球萵苣生育期間 AGR 之影響如表 6。經分析處理之平方和分佈結果如表 7，高密

度處理 144 plants/3.2m² 適合二次式為 54.7%，其他密度處理適合一次式。結果顯示，栽培密度高者，移植之後其 AGR 的最大值較早到達，栽培密度低者則較晚到達 (圖 5)。高密度 144 plants/3.2m² 之處理，其 AGR 隨著移植之後生育日數的增加而增大，移植後第 31 天，即到達最大值 8.295，接著生育日數繼續增加，AGR 反而下降，密度 76、60、36、33 及 30 plants/3.2m² 處理，移植後第 47 天，其 AGR 尚在增加中，分別為 11.8、17.2、19.1、22.4 及 21.5，而 144 plants/3.2m² 處理則銳減為 1.92 (圖 5)。顯示栽培密度低其植株生育空間增大，生長速率未受限制而持續增加較長的時間，反之，則因生育空間受到限制，使得生長速率受阻。

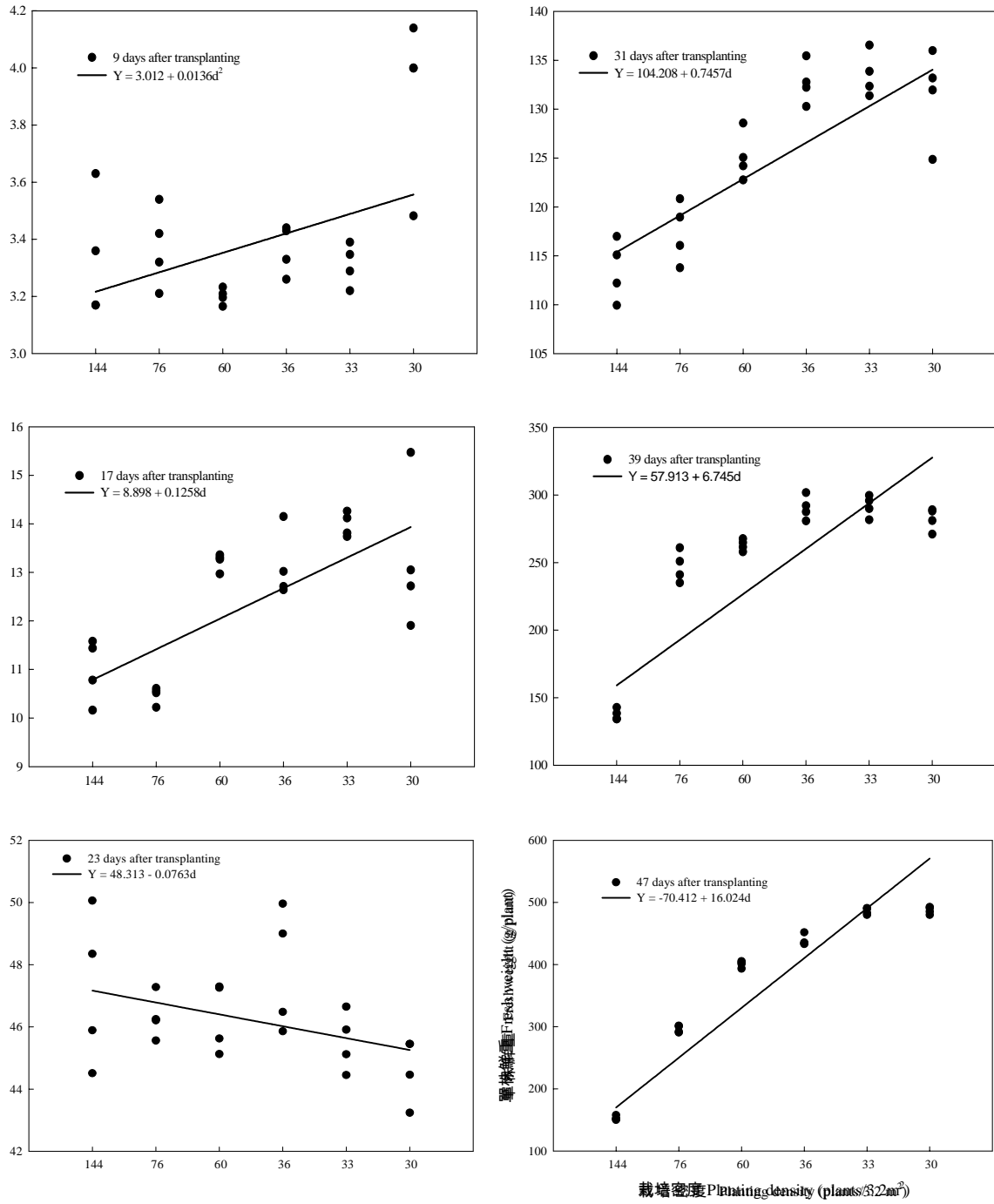


圖 3. 栽培密度對半結球萵苣大湖 659 單株鮮重之影響

Fig. 3. Influence of planting density on the fresh weight of loose head lettuce 'Great-Lake 659'.

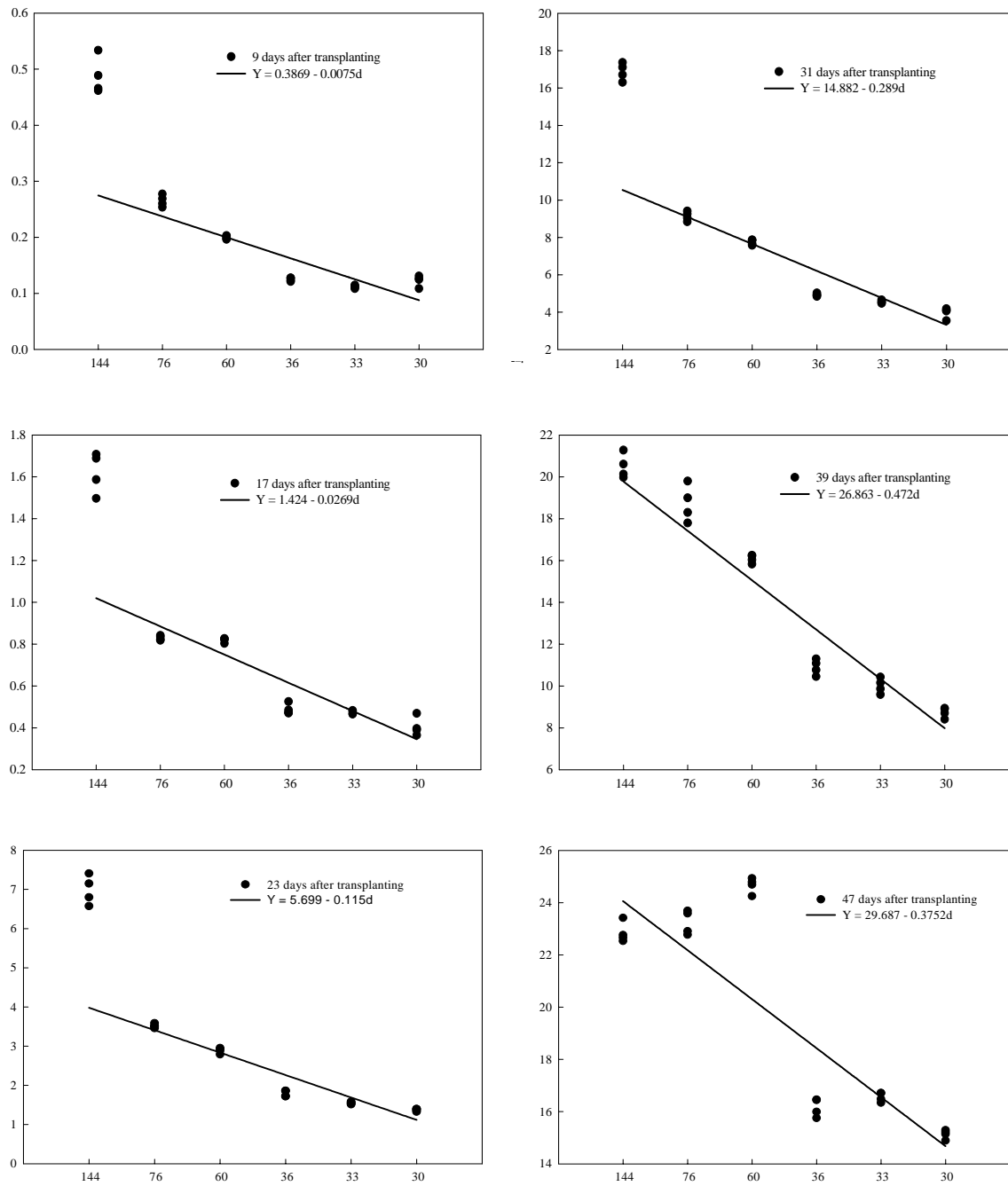


圖 4. 栽培密度對半結球萵苣大湖 659 單位面積產量之影響

Fig. 4. Influence of planting density on the yield of per unite area of loose head lettuce 'Great-Lake 659'.

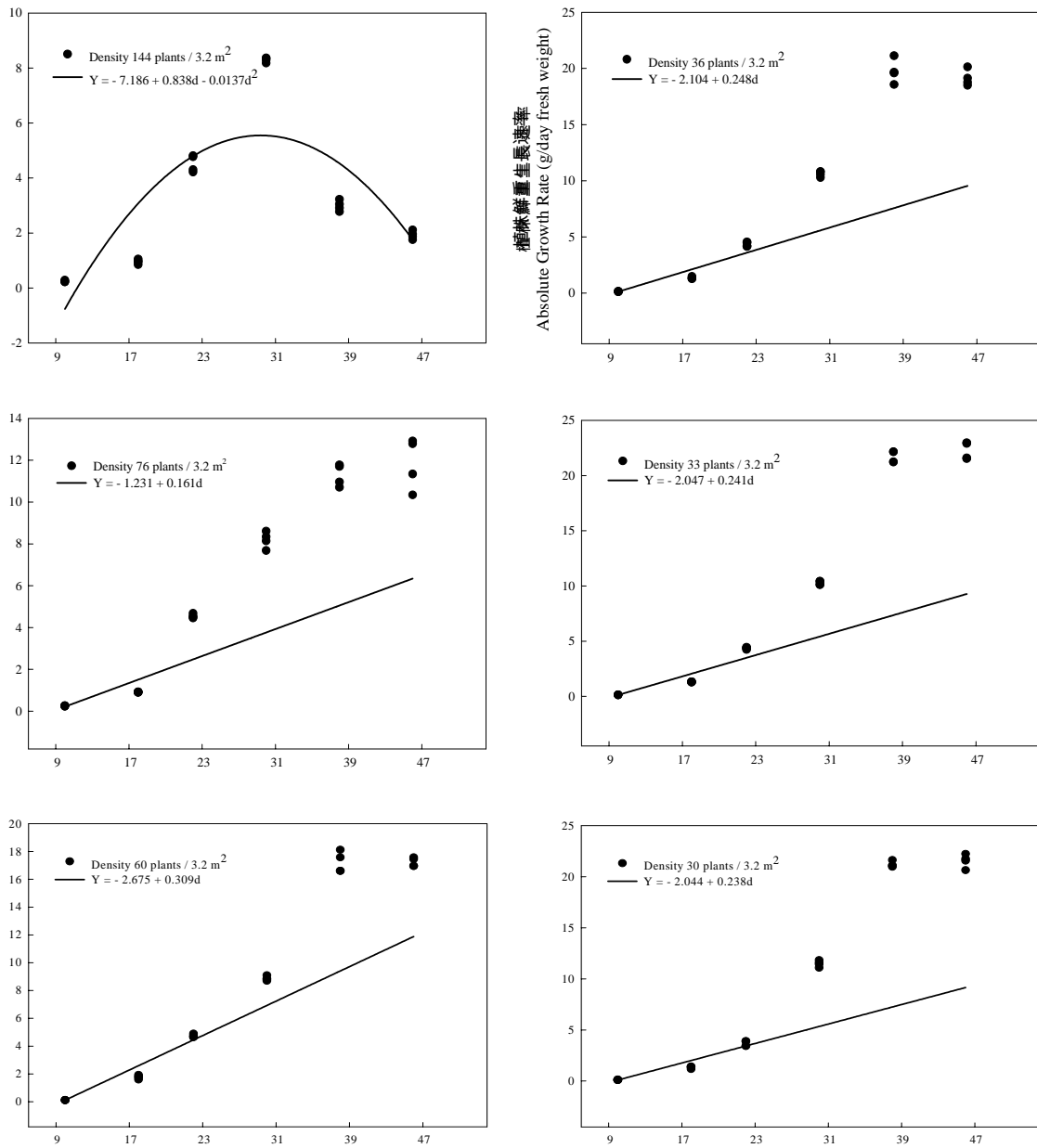


圖 5. 半結球萵苣大湖 659 移植之後天數對植株鮮重生長速率之影響

Fig. 5. Influence of days after transplanting on the Absolute Growth Rate of loose head lettuce 'Great-Lake 659'.

表 6. 栽培密度對半結球萵苣大湖 659 植株鮮重之生長速率及乾重之相對生長速率之影響

Table 6. Influence of planting density on the Absolute Growth Rate and Relative Growth Rate of loose head lettuce 'Great-Lake 659'.

行株距 Spacing (cm)	栽培密度 Density (plants/3.2m ²)	移植後之天數 Days after transplanting (day)						LSD
		9	17	23	31	39	47	
Absolute Growth Rate; AGR (g/day fresh weight)								
13×15	144	0.245 ^f _a	0.957 ^e _c	4.52 ^b _{ab}	8.29 ^a _d	2.98 ^c _e	1.92 ^d _e	0.249
20×20	76	0.249 ^c _a	0.910 ^d _c	4.54 ^c _b	8.19 ^b _d	11.2 ^a _d	11.8 ^a _d	0.651
20×25	60	0.115 ^e _b	1.765 ^d _a	4.74 ^c _a	8.86 ^b _c	17.2 ^a _c	17.2 ^a _c	0.516
40×30	36	0.133 ^c _b	1.345 ^d _b	4.33 ^b _b	10.6 ^b _b	19.7 ^a _b	19.12 ^a _b	0.289
40×35	33	0.127 ^e _b	1.299 ^d _b	4.35 ^c _b	10.3 ^b _b	21.6 ^a _a	22.24 ^a _a	0.593
40×40	30	0.110 ^e _b	1.320 ^d _b	3.66 ^c _c	11.4 ^b _a	21.2 ^a _a	21.5 ^a _a	0.512
	LSD	0.027	0.130	0.296	0.369	0.984	1.092	
Relative Growth Rate; RGR (mg/g/d)								
13×15	144	103.90 ^c _a	129.1 ^b _c	153.6 ^a _b	51.63 ^d _e	22.6 ^c _d	13.4 ^f _b	3.38
20×20	76	98.51 ^c _b	125.9 ^b _c	152.4 ^a _b	73.77 ^d _d	74.1 ^d _c	58.8 ^e _a	3.44
20×25	60	77.14 ^c _d	164.1 ^a _a	160.3 ^a _a	94.73 ^b _c	72.3 ^d _c	59.5 ^e _a	4.75
40×30	36	79.26 ^d _{cd}	150.7 ^a _b	147.3 ^a _c	106.8 ^b _b	85.4 ^d _a	58.9 ^e _a	4.67
40×35	33	79.35 ^c _{cd}	150.6 ^a _b	145.1 ^a _c	118.5 ^b _a	84.8 ^c _a	57.8 ^d _a	6.76
40×40	30	81.22 ^d _c	154.1 ^a _b	147.0 ^b _c	119.3 ^c _a	76.8 ^c _b	58.5 ^e _a	2.45
	LSD	2.59	4.45	5.99	6.59	2.24	2.55	

橫列上標英文字母，表示移植後天數，直行下標英文字母表示栽培密度。

同行或同列英文字母相同者表示經 LSD 測驗在 5% 水準差異不顯著。

Mean values within column followed the same letter are not significant by Fisher's LSD test at 5% probability level.

栽培密度對半結球萵苣生育期間 RGR 之影響如表 4。經分析處理之平方和分佈結果如表 9，高密度處理 144 及 76 plants/3.2m² 適合一次式分別為 66.2 及 43.34%，其他密度處理則適合二次式，分別為 35.2、50.5、57.0 及 51.1%。結果顯示，栽培密度不同，其 RGR 最大值發生時間及持續期，處理之間差異顯著 (表 6)。RGR 在生育初期增加快速，當其最大值達到時，接著生育日數增加，RGR 反而下降。密度 144 及 76 plants/3.2m² 處理的 RGR 雖然適合一次式，但是，其最大值發生在移植後第 23 天，分別為 153.6 及 152.4，接著生育日數持續增加其 RGR 下降快速，尤其是高密度 144 plants/3.2m² 處理，在移植後第 47 天已銳減為 13.4 (表 6, 圖 6) 移植第 23 天之後，RGR 下降之速率以密度 144 plants/3.2m² 較為迅速，其次為密度 76 及 60 plants/3.2m²，密度 36、33 及 30 plants/3.2m² 下降速率最慢 (圖 6)。

另外，密度 60、36、33 及 30 plants/3.2m² 的 RGR 最大值發生時間比密度 144 及 76 plants/3.2m² 處理較早，在移植後第 17 天，而且維持較長的時期，從移植後第 17 到 23 天之間（圖 6）。

作物植株鮮重生長速率（AGR）、乾重相對生長速率（RGR）及葉面積比（LAR）、葉面積指數（LAI）、葉比重（SLW）及葉比面積（SLA），是在植物生長期間，測量其植株的鮮重，乾重及葉面積，將這些資料經由植物生長數量方面之分析，可以預測及評估作物最大生產量的時期，及最適宜

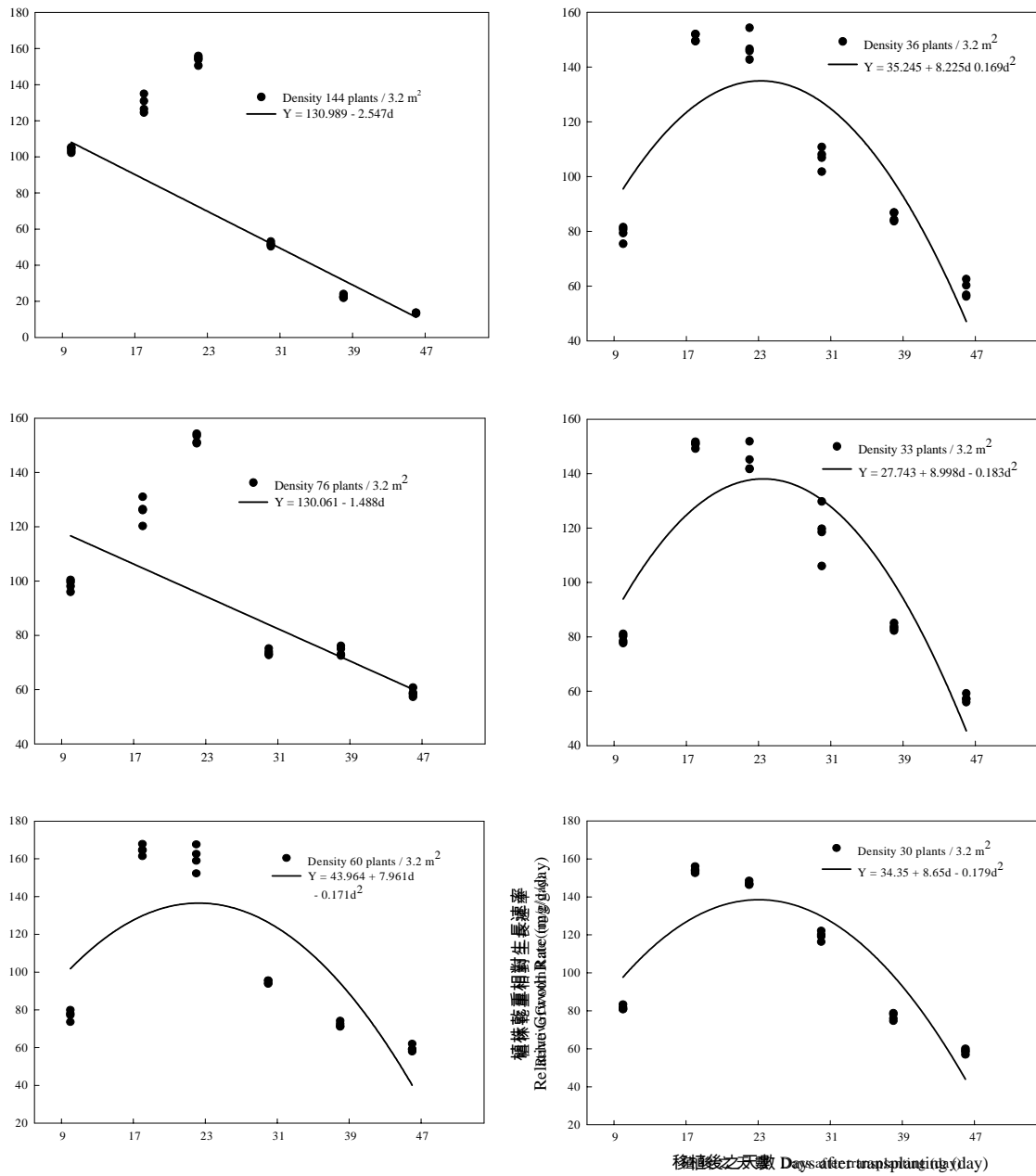


圖 6. 半結球萵苣大湖 659 移植之後天數對植株乾重生長速率之影響

Fig. 6. Influence of days after transplanting on the Relative Growth Rate of loose head lettuce 'Great-Lake 659'.

之栽培管理方法，以提昇品質⁽²⁾。半結球萵苣之食用部位為其幼齡期的葉球，由於其幼齡階段的組織細嫩，植株的生育空間若不足，常導致植株下位葉黃化，嚴重則發生腐爛現象，影響其商品價值。一般栽培者均知悉提高栽培密度可以增加作物之生產量，但是，卻缺乏評估其對品質之影響，因此，常常無法適時的掌握有效之生產時期，因而影響產量及品質，不是太早採收而使得產量減少，就是太晚採收影響品質。Chung (1982) 青花菜在達到最大產量之前採收，其花蕾重量不足，因而使其產量下降，但是，在達到最大產量之後採收，其花蕾成熟，花苞開裂，反而其品質下降⁽⁶⁾。一般青花菜在達到最大產量及最高品質時期，也就是所謂的最適採收期，這段時期很短，約 3~4 天，若未及時採收其花蕾開放而失去商品價值。

本試驗得知 AGR 及 RGR 最大值持續時間較久之處理，其單株葉球重量較重 (表 2、4)，顯示其幼齡期之生物量累積較多，對葉球結球期之發育較為有利。密植區 144 plants/3.2m² 之 AGR 及 RGR 最大值持續時間較短，移植後第 47 天之單株葉球重量較小 (表 3)，葉球畸形比率增加，商品價質變差，推測可能原因為幼齡期之營養生物量累積不足而影響其結球期之生育。因此，估算作物栽培密度與產量之相關，推薦作物適宜之栽培密度及估算其採收適期，可以有效的增進產能⁽¹¹⁾。是一項很實際的栽培模式，Duncan (1984) 認為估算出作物栽培密度與產量間之相關，以達到作物增產效應，值得進一步深究⁽¹¹⁾。

四、栽培密度對土壤性質之影響

栽培密度對土壤性質之影響如表 9 所示。採收期土壤的 pH 顯著高於移植之前。土壤 EC 在移植之前為 0.777，採收期降為 0.1~0.2 之間，呈顯著降低之效應。有機質及磷含量在移植前及採收期的變化不大，無顯著差異。鉀、鈣及鎂含量採收後均顯著減少。鉀含量以栽培密度 144 plants/3.2m² 之含

表 9. 栽培密度對土壤物理化學性質之影響。

Table 9. Effects of planting density on pH, EC, contents of organic matter, P₂O₅, K₂O, CaO, and MgO of the soil in the experiment plot.

行株 距 Space (cm)	栽培密度 Density (plants/3.2m ²)	pH (1:1)	EC(1:5) (ds/m)	Organic matter (%)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	CaO (kg/ha)	MgO (kg/ha)
移植之前 Before transplanting								
		6.20 ^b	0.777 ^a	2.10 ^a	232.3 ^a	399.6 ^a	3189.7 ^a	436.0 ^a
採收之後 After harvesting								

13×15	144	6.80 ^a	0.130 ^b	2.17 ^a	214.5 ^a	217.0 ^c	2728.0 ^b	299.7 ^b
20×20	76	6.85 ^a	0.113 ^b	2.25 ^a	229.7 ^a	294.5 ^b	2865.3 ^b	286.5 ^b
20×25	60	6.82 ^a	0.190 ^b	2.12 ^a	221.2 ^a	284.7 ^b	2773.5 ^b	288.0 ^b
40×30	36	6.72 ^a	0.160 ^b	2.12 ^a	231.7 ^a	272.5 ^b	2773.5 ^b	291.7 ^b
40×35	33	6.87 ^a	0.123 ^b	2.22 ^a	217.5 ^a	258.5 ^b	2677.5 ^b	285.2 ^b
40×40	30	6.72 ^a	0.143 ^b	2.27 ^a	228.5 ^a	277.2 ^b	2532.0 ^b	299.2 ^b
LSD		0.241	0.081	0.222	34.07	71.54	410.34	44.15

同行英文字母相同者表示經 LSD 測驗在 5% 水準差異不顯著。

Mean values within column followed the same letter are not significant by Fisher's LSD test at 5% probability level.

量顯著最少。鈣鎂而言，處理之間差異不顯著（表 9）。採收後密植區土壤之鉀含量降低之原因，推測可能是單位面積植株增加，因而使其被吸收之量增加。

對多數蔬菜作物而言，其生長發育、產量及品質均受栽培密度影響，密度高其株高較長，莖較細，根及植株鮮重則較輕，但是株根比（shoot/root ratio）較小，顯示根的生物量在密植區比疏植區大⁽¹⁷⁾。因此，栽培密度除了影響植株層冠（canopy）形態之外，亦影響根對營養元素之吸收，進而影響產量、品質及採收適期⁽³⁾。Stoffella 及 Bryan（1988）指出一般密植區之地上部植株及地下部根系的生長，在採收後期均明顯的下降，但是，密植區根系之生物量卻大於疏植區，甜椒密植區的植株高度增加，根及植株鮮重均較輕，但是株根比較小⁽¹⁷⁾，Miller（1979）及 Stoffella 及 Bryan（1988）推測甜椒密植區根系之生物量變大之原因，可能是根彼此競爭水分及養分之結果^(15,17)。至於本結球萵苣是否呈現相同之效應，值得進一步探討。

結 論

本試驗結果顯示，半結球萵苣之栽培密度 60、36、33 及 30 plants/3.2m²，其葉球結球期之發育整齊，單株葉球重量增加，畸形比率較低，反之，則結球不整期，畸形比率增加。密植區 144 及 76 plants/3.2m² 之單位面積產量雖增加，但是由於具商品價值者比率低，對總產值不一定有正面之效益。因此，若欲以密植栽培達到增產目的時必須考慮其品質，否則將影響其經濟效益。

另外，栽培密度過高，植株之生育空間將受限制，雖然，總產量增加，但是，單株葉球重量卻減少。再者，觀察密植區的植株生育，其生育空間不足，在生育後期，因植株的空間競爭，造成植株基部通風不良，下位葉常常因而黃化脫落，影響商品價值。雖然，疏植可以增加單株葉球重量，提昇品質，但是，疏植亦可能產生一些負面的效應。若從經濟效益及產量兩項因素方面而言，建議以行株距 20×25 cm，密度 60 plants/3.2m² 之栽培密度為佳。

參考文獻

1. 王昭敏等人。1993。土壤分析手冊 p.12-1。中華土壤肥料學會主編。
2. 林正宏。1988。玉米、高粱及向日葵對缺水之生理反應與旱馴化作用之研究。國立中興大學植物學研究所博士論文。
3. 許福星。1997。作物生長分析及其應用。科學農業 25 (11-12): 334-341。
4. 黃山內。1991。土壤營養診斷方法。土壤管理手冊 pp.209-214。國立中興大學土壤調查試驗中心主編。
5. Batal, K. M. and D. A. Smittle. 1981. Response of bell pepper to irrigation, nitrogen, and plant population. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106 (3): 259-262.
6. Chung, B. 1982. The effects of plant density on the maturity and once-over harvest yields of broccoli. *J. Hort. Sci.* 57: 365-372.
7. Chung, B. 1985. The effects of sowing time and plant density on the once-over harvest yields of broccoli. *J. Hort. Sci.* 60: 57-64.
8. Cutcliffe, J. A. 1971. Effects of plant population, nitrogen, and harvest date on yield and maturity of single-harvested broccoli. *HortScience* 6: 482-484.
9. Cutcliffe, J. A. 1975. Effect of plant spacing on single-harvest yields of several broccoli cultivars. *HortScience* 10 (4): 417-419.
10. Dufault, R. J. and J. L. Waters. 1985. Interaction of nitrogen fertility and plant populations on transplanted broccoli and cauliflower yield. *HortScience* 20 (2): 127-128.
11. Duncan, W. G. 1984. A theory to explain the relationship between corn population and grain yield. *Crop Sci.* 24: 1141-1145.
12. Holliday, R. 1960. Plant population and crop yield. *Nature.* 186: 22-23.
13. Loughton, A., R. Baker, and O. Brian Allen. 1996. Yield and growth responses of asparagus to between-row spacing and planting depth. *Can. J. Plant Sci.* 76: 841-847.
14. Martinac V. and J. Borosic. 1986. The effect of plant density on the lettuce yields growing in the glasshouse. *Acta Hort.* 176: 125-131.
15. Miller, C. H., R. E. McCollum, and S. Claimon. 1979. Relationships between growth of bell peppers and nutrient accumulation during ontogeny in field environments. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104: 852-857.
16. Roderick, H. 1982. The functional approach to plant growth analysis. Edward Arnold. pp.16-43.
17. Stoffella, P. J. 1988. Plant population influences growth and yields of bell pepper. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113 (6): 835-839.
18. Sundstrom, F. J. and G. R. Baskin. 1984. Influence of N and plant spacing on mechanically harvested Tabasco pepper. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109: 642-645.
19. Suthrlanf, R. A. and L. R. Benjamin. 1987. A new model relating crop yield and plant arrangement. *Ann. Bot.* 59: 399-411.

Effect of Planting Density on the Growth and Yield of Loose Head Lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata* L.)

Hsiu-Jung Chang Chien, Yuan-Pei Hsu

Summary

Experiments were conducted to determine the effect of planting density on the Absolute Growth Rate (AGR) of fresh weight, Relative Growth Rate (RGR) of dry weight, and yield of loose head lettuce 'Great Lake 659'. Population density ranged from 30~144 plants/3.2m². Data for plant growth characteristics were recorded starting from a week after transplanting, and then keeping on in a time interval 5~7 day. Both AGR of fresh weight and RGR of dry weight increased at early stage of growth, 31 days after transplanting, and then decreased immediately in response to higher plant populations. They increased in later age and prolonged for a longer period in lower plant populations. Leaf Area Ratio (LAR) and Leaf Area Index (LAI) increased with plant populations, but they decreased when the populations were over 76 plant/3.2m². Specific Leaf Weight (SLW) increased and Specific Leaf Area (SLA) decreased with lower populations, so the leaves thickness increased and leaf areas decreased. Largest total yield increases occurred with a population 60 plant/3.2m², spacing at 20×25 cm. This observation suggested that the higher yields per unit at higher plant populations were attributed to more plant with a lower weight of shoots per plant. So produced of a larger-sized shoot was lower with a high plant density. It is suggested that this cultivars should be spaced with the range of 20×25 cm for optimum utilization.

Key words: lettuce, planting density, plant growth.