

蕙苡的乾物質生產過程

周 明 和

摘 要

花蓮地區春秋作氣候因子迥異，致蕙苡生長潛能表現各異，本試驗之目的即為探討春秋作產量差異之原因及乾物質生產過程變化，以作為改進生產之依據，於民國75年秋作至76年春作利用台中選育1號、岡山種與中里種等三品種在本場試驗田舉行。試驗結果指出蕙苡單株乾物質累積能力春作高於秋作，較具高產潛能之品種單株乾物重亦最大。LAI 與 CGR 在兩期作均呈極顯著之正相關；NAR 與 LAI 在兩期作則呈極顯著之負相關。春作產量高於秋作主因在供源方面具有較高之 LAI 與 CGR 值，積儲方面具有較大之積儲容積 (Sink Size) 與積儲活性 (GGR 值高)。品種間具較高產潛能之品種主因係具有較大之供源、積儲強度。蕙苡產量之高低係受 LAI、CGR、NAR、GGR 與 HI 等生長介量之控制。

前 言

作物增產的發展趨勢，由品種選育、殺菌劑、殺蟲劑及殺草劑之應用演變至目前生物調節劑，植物株型等之研究，發展至未來探討作物光合效率，將來更可能發展至作物試管栽培 (Test tube farming) 以提高作物生產力 (Army and Greer, 1967)。生長分析⁽¹⁵⁾即為探討作物淨光合產物之一種方法。蕙苡⁽¹⁾ (Coix lacryma-jobi. L, Var frumentacea, Makino) 為一年生禾本科之植物，性耐旱、濕，栽培管理容易，病蟲害較少，且適應性廣，不論旱地或水田均能有良好的生長，是一種頗具發展潛力之稻田轉作的代替作物^(7, 14)。花蓮地區春秋作氣候環境迥異⁽⁸⁾，致蕙苡生長特性表現不同，本試驗之目的即在利用葉面積指數，作物生長速率，相對生長速率及淨同化速率等生長介量以分析蕙苡的生產力，並探討蕙苡植株各部位間的乾物質競爭，以找出影響蕙苡產量高低的構成因素，作為今後蕙苡增產的依據。

材料與方法

本試驗於民國75年秋作 (種植日期9月3日)，76年春作 (種植日期2月20日) 在本場試驗田實施，供試品種為台中選育1號、岡山種與中里種等三品種，田間設計採順序排列，每品種栽植24行，行長10公尺，行株距50 × 20公分。自種子發芽出土後，每隔10天逢機取樣10株為材料，測定株高、葉數、葉面積 [用葉面積測定儀 (LI-COR, LI-300) 測定之]，植株各部位間之乾物重，離地表最低穗位，每叢支數，每叢小穗數、穗重、種子數、千粒重、容重、小區產量、生育過程中並調查發芽日數，50%植株抽穗期及80%子粒成熟期等性狀。

資料分析：生長介量之公式應用⁽¹⁵⁾

1. 作物生長速率 (CGR, Crop growth rate)

$$CGR = \frac{W_2 - W_1}{p(t_2 - t_1)}, w: \text{乾物重}, p: \text{土地面積}, t: \text{取樣日數}$$

1. 花蓮區農業改良場研究報告第36號。

2. 作物改良課助理。

2. 相對生長速率 (RGR, relative growth rate)

$$\overline{\text{RGR}} = \frac{1}{w} \cdot \frac{dw}{dt} = \frac{\ell_n w_2 - \ell_n w_1}{t_2 - t_1} \quad \ell_n w: \text{乾物重之自然對數值}, t: \text{取樣日數}$$

3. 淨同化速率 (NAR, net assimilation rate)

$$\overline{\text{NAR}} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{w_1}^{w_2} \frac{dw}{A} = \frac{w_2 - w_1}{A_2 - A_1} \cdot \frac{\ell_n A_2 - \ell_n A_1}{t_2 - t_1}$$

w: 乾物重, A: 葉面積, t: 取樣日數, $\ell_n A$: 葉面積之自然對數值

結 果

一. 生育概況:

秋作之平均氣溫 (圖 1~1) 由生育初期之高溫隨著生育日數之增加而漸遞低溫, 生育初期之平均氣溫約在 24°C 左右, 開花後至籽粒充實期即生育中、後期之平均氣溫降低 20°C 左右; 春作由生育初期之低溫至中、後期之漸次升高, 生育初期之平均氣溫約在 21°C 左右, 生育中、後期約在 23~24°C 左右。秋作開花期之降雨量 (圖 1~2) 為最高, 生育初、後期雨量平均, 僅初期較高; 春作生育初期之降雨量稍少, 開花以後之降雨量漸次增多, 尤其在生育中、後期之雨量最為充沛。秋作日照時數 (圖 1~3) 由生育初期之高日照至後期之少日照, 春作之日照時數全生育期大略相等, 但開花以後之日照時數却漸次增加。春作之平均濕度 (圖 1~4) 大於秋作, 尤其開花後之平均濕度春作皆高於秋作。總而言之, 春秋作由於氣候環境因素之迥異, 致影響薏苡生長及產量之不同。

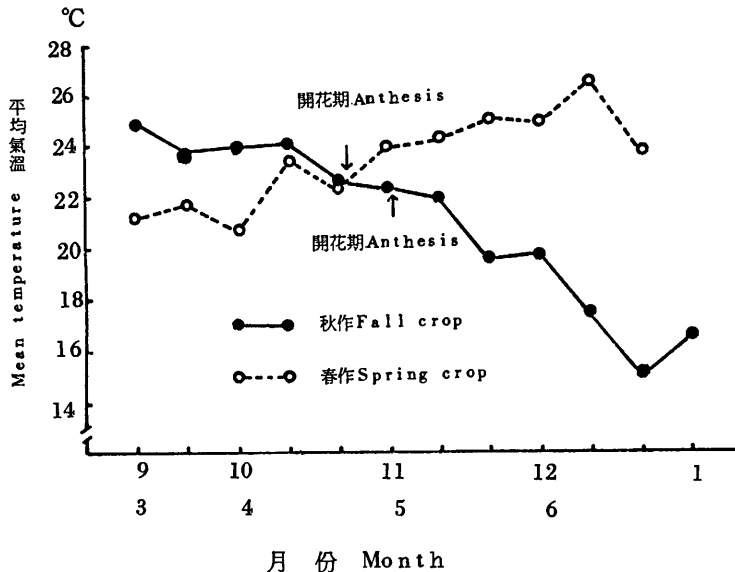


圖 1~1 75~76 年秋春作薏苡全生育期之平均氣溫

Fig 1~1 The mean temperature of different crop seasons, fall crop 1986 to spring crop 1987.

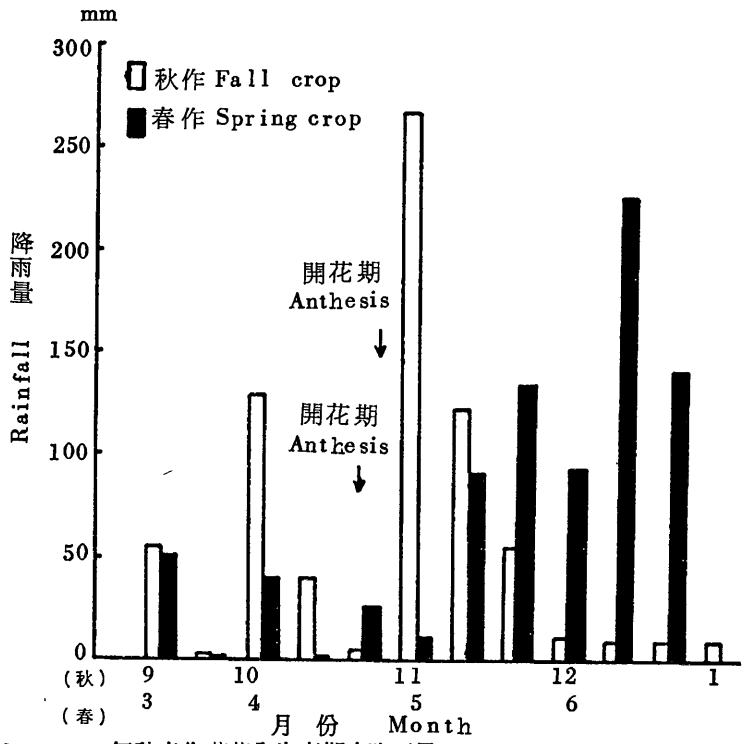


圖 1~2 75~76年秋春作薏苡全生育期之降雨量
 Fig1-2 The precipitation of different crop seasons, fall crop 1986 to spring crop 1987.

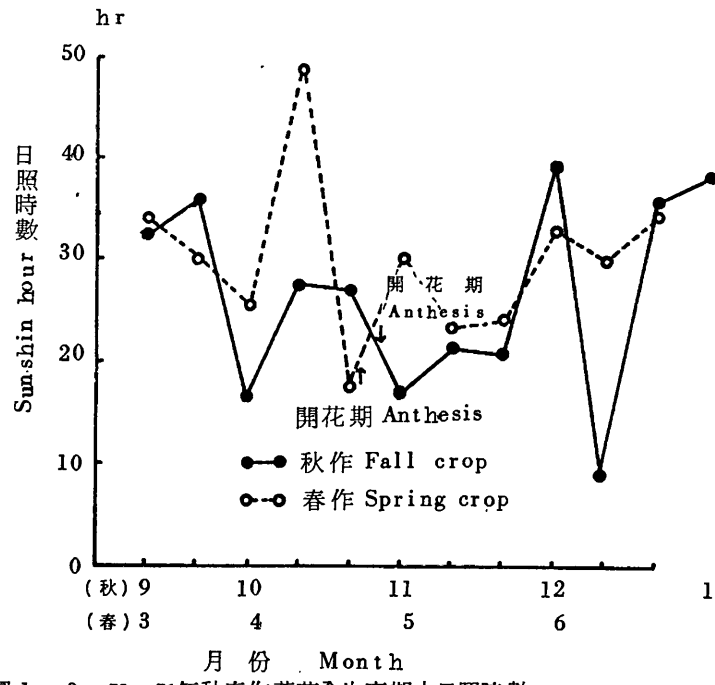


圖 1~3 75~76年秋春作薏苡全生育期之日照時數
 Fig1-3 The sunshine hour of different crop seasons, fall crop 1986 to spring crop 1987.

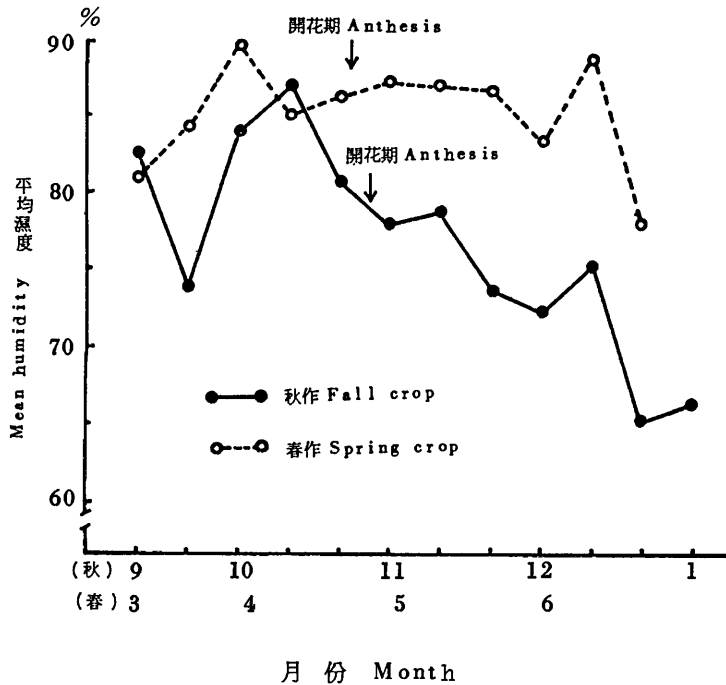


圖 1~4 75~76 年秋春作薏苡全生育期之平均濕度

Fig1-4 The mean relative humidity of different crop seasons, fall crop 1986 to spring crop 1987.

三不同年期，薏苡品種間生育日數及農藝性狀之變異

春作之發芽及50%抽穗日數大於秋作，但80%子粒成熟日數，春秋作差異不大。春作薏苡品種之株高、離地面最低穗位、每叢支數、每叢小穗數、容重(公克/公升)及每叢產量皆大於秋作，但春作之千粒重反而低於秋作。

就品種而言，發芽日數、50%抽穗日數及80%子粒成熟日數供試品種間差異不大；株高及最低穗位高等之農藝性狀以岡山種稍高，台中選育1號次之，中里種最低；每叢支數以岡山種為最多(秋作4.7支，春作5.8支)，台中選育1號及中里種差異不大；每叢小穗數以台中選育1號為最多(秋作81.9穗，春作91.5穗)，岡山種及中里種差異不大；千粒重以台中選育1號為最大(秋作110公克，春作102公克)，岡山種次之(秋作106公克，春作98公克)，中里種最小(秋作105公克，春作106公克)；容重以中里種最大(秋作404.2公克，春作428.9公克)，岡山種次之(秋作360公克，春作389公克)，台中選育1號最低(秋作333.9公克，春作360公克)；每叢產量秋作以台中選育1號最高(17.8公克)，岡山種次之(15.6公克)，中里種最低(14.1公克)，但春作却以中里種為最高(33.6公克)，岡山種次之(23.4公克)，台中選育1號最低(18.9公克)。

表 1. 薺苡品種之農藝特性

Table 1. Agronomic traits of Job's tears strains.

項目 Item	台中選育 1 號 Taichung - yu No.1		岡山種 Okayamazawa		中里種 Nakazato	
	75 年秋作 Fall crop, 1986	76 年春作 Spring crop, 1987	75 年秋作 Fall crop, 1986	76 年春作 Spring crop, 1987	75 年秋作 Fall crop, 1986	76 年春作 Spring crop, 1987
A	7	16	7	17	7	16
B	52	61	53	62	53	61
C	140	139	137	139	134	142
D	78.7	116.4	84.4	111.5	76.1	108.3
E	22.7	53.4	29.1	59.4	24.3	54.9
F	4.3	5.1	4.7	5.8	3.7	5.7
G	81.9	91.5	75.6	83.0	68.3	83.5
H	110	10.2	106	98	105	106
I	333.9	360.0	360.0	389.0	404.2	428.9
J	17.8	18.9	15.6	23.4	14.1	33.6

A 發芽日數 Days to emergence

B 50 %植株抽穗日數 Days to 50% flowering

C 80 %子粒成熟日數 Days to 80% maturity

D 成熟期株高(公分) Plant height at maturity(cm)

E 離地面最低穗位(公分) Panicle height(cm)

F 每叢支數 Tiller no. per hill

G 每叢小穗數 Ear no. per hill

H 千粒重(公克) 1000 Seed weight (g)

I 容重(公克/公升) Capacity (g/l)

J 每叢產量(公克) Grain yield per hill(g)

不同期作品種間產量、乾物質及收穫指數之變化

圖 2 顯示春作產量均高於秋作，但不同期作品種間之表現不一致，秋作以台中選育 1 號之產量最高，岡山種次之，中里種最低，春作則以中里種之產量最高，岡山種次之，而台中選育 1 號最低。

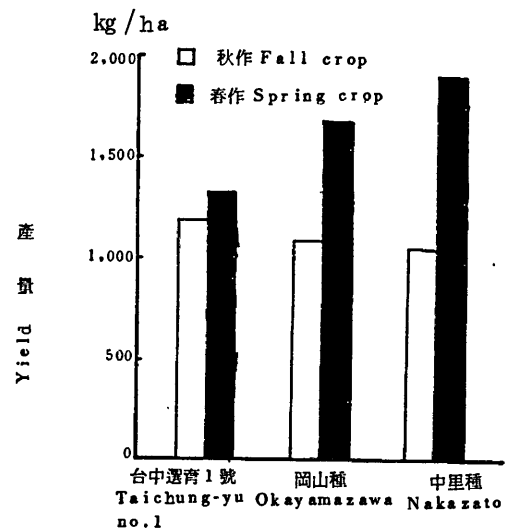


圖 2. 薺苡品種秋春作產量的變化

Fig 2. The yield performance of Job's tears strains at different crop seasons, 1986-1987.

表 2 顯示全生育期之單株乾物重累積能力春作大於秋作，春作乾物重增加最快的期間為發芽後50~60 天，秋作為60~70天，品種間秋作以台中選育 1 號的乾物重最大 (47.07 公克/叢) 春作則以中里種最大 (113.87 公克/叢)。

表 2. 薏苡品種不同時期乾物重的變化

Table 2 Total dry weight at different growth stages of Job's tears, 1986~1987.

品 種 Entries	期 作 Crop period	乾物重 (公克/叢) Dry weight (g/hill)											
		發芽後日數 (Days after emergence)											
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
台中選育 1 號 Taichung-yunol	75 年 秋 Fall, 1986	0.095	0.31	0.80	1.79	8.89	21.39	34.93	39.31	43.34	44.97	46.44	47.07
	76 年 春 Spring, 1987	0.05	0.20	1.25	5.96	26.66	44.13	60.59	75.14	86.08	91.63	94.99	—
岡 山 種 Okayamazawa	75 年 秋 Fall, 1986	0.075	0.22	0.65	1.56	5.65	17.23	26.43	32.04	36.96	39.47	41.84	43.77
	76 年 春 Spring, 1987	0.11	0.35	2.03	6.94	28.69	54.41	75.49	88.48	96.60	103.30	105.57	—
中 里 種 Nakazato	75 年 秋 Fall, 1986	0.083	0.29	0.76	1.78	6.42	16.77	24.82	30.24	34.13	36.77	38.20	38.84
	76 年 春 Spring, 1987	0.11	0.35	2.73	8.21	35.27	54.63	72.58	90.10	104.14	110.23	113.87	—

不同供試品種發芽後 120 天 (春作) 及 110 天 (秋作) 之乾物重與產量之相關係數為 $r = 0.916^*$ 達顯著水準 (圖 3)，此顯示欲提高薏苡之產量，保持植株在一定的乾物重比例上相當重要。

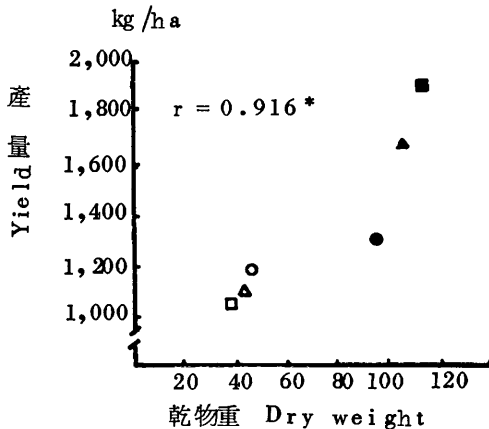


圖 3 薏苡乾物重與產量之關係

(○—台中選育 1 號, △—岡山種, □—中里種, 空心—秋作, 實心—春作)

Fig3 Relationships between total dry weight and yield in Job's tears strains, 1986-1987.

(○- Taichung-yu no. 1, △- Okayamazawa, □- Nakazato, hollow - fall crop, solid - spring crop)

由產量與乾物重估計之品種間收穫指數 (HI)，秋作介於37~43%，而春作介於33~38%，即秋作之HI (%)大於春作(表3)。

表3 薏苡品種之收穫指數變化

Table 3. The harvest index (%) of Job's tears at different crop seasons, 1986~1987.

品 種 Entry	75. 年 秋 作 Fall Crop, 1986	76 年 春 作 Spring crop, 1987
台中選育1號 Taichung-yu no.1	37.4	33.7
岡 山 種 Okayamazawa	38.7	34.9
中 里 種 Nakazato	42.7	37.4

薏苡植株各個不同部位間乾物重之變化

各品種植株不同部位之乾物重調查結果列如圖4~1、2、3，一般而言，春作之葉(包括枯葉)，稈(包括葉鞘)及子實等的乾物重比秋作為高，尤其葉及稈之乾物重春作比秋作高出甚多；就品種而言，秋作以台中選育1號植株各部位間之乾物重最高，岡山種次之，而中里種最低，春作則以中里種最高，岡山種次之，而台中選育1號最低，顯示品種間植株各部位生長長期作間有差異，但其乾物質的累積能力以春作為高。

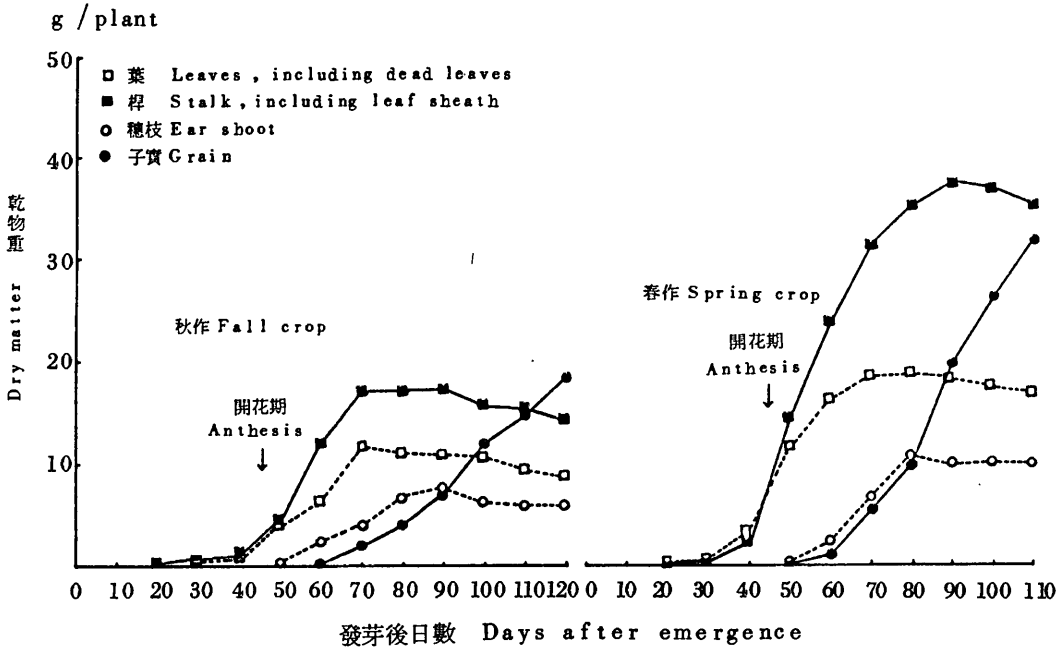


圖4~1 薏苡品種台中選育1號不同時期之植株各部位間乾物重變化

Fig4-1 Growth process of Job's tears, Taichung-yu no.1, 1986-1987.

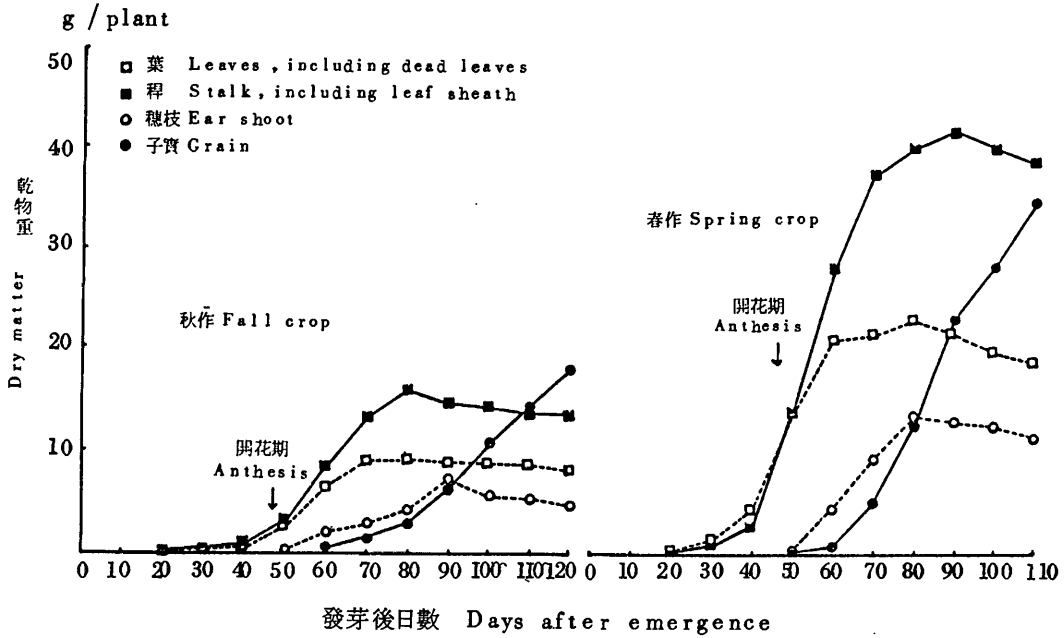


圖 4~2 薏苡品種岡山種不同時期之植株各部位間乾物重變化
 Fig4-2 Growth process of Job's tears, Okayamazawa, 1986 - 1987.

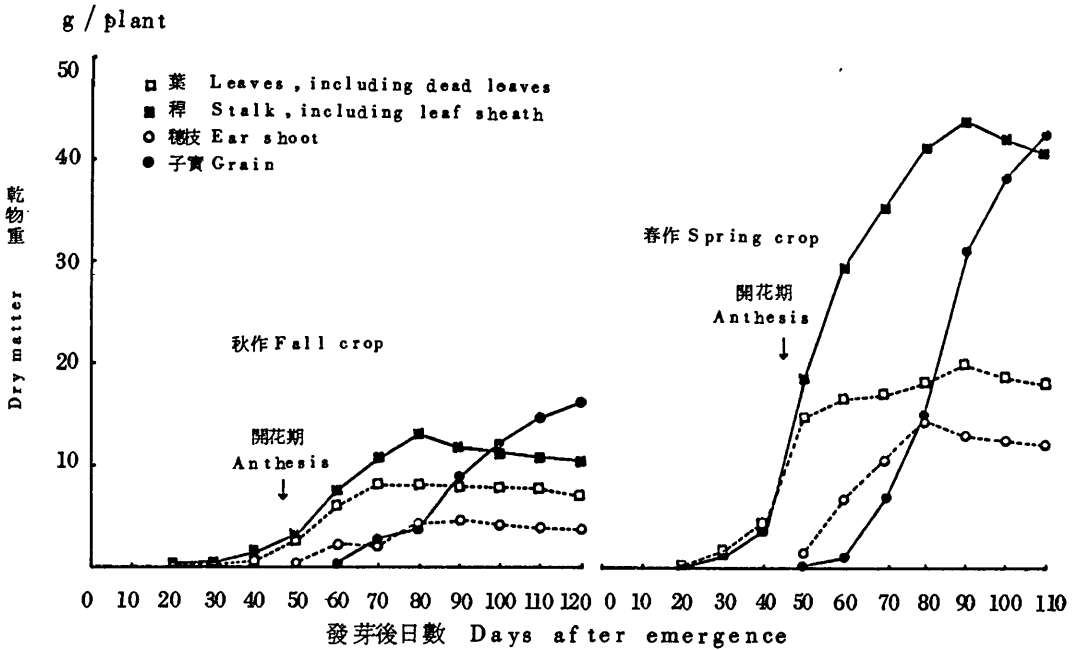


圖 4~3 薏苡品種中里種不同時期之植株各部位間乾物重變化
 Fig4-3 Growth process of Job's tears, Nakazato, 1986 - 1987.

葉面積指數 (LAI) 的變異

各品種在不同生育期調查之 LAI 列如圖 5~1、2、3，LAI 在整個生育期中是隨著生育日數而漸次上升，達到最高值後，漸次下降；春作的 LAI 在全生育期中皆比秋作為高，同時在抽穗時急驟上升，秋作的 LAI 值上升則較緩慢；開花後 LAI 下降之速度，春秋作大略相等。

就品種而言，台中選育 1 號春秋作之 LAI 值皆以發芽後 70 天時達到最高點，分別為 3.31 與 6.38，岡山種秋作 LAI 值達到最高點 (2.65) 為發芽後 80 天，而春作却為發芽後 60 天 (6.71)，中里種秋作 LAI 值達到最高點 (2.50) 為發芽後 70 天，春作 (6.46) 却為發芽後 60 天。參試三品種中秋作之 LAI 值以台中選育 1 號為最高，岡山種次之，而中里種最低，春作之 LAI 值却以岡山種為最高，中里種次之，而台中選育 1 號最低。

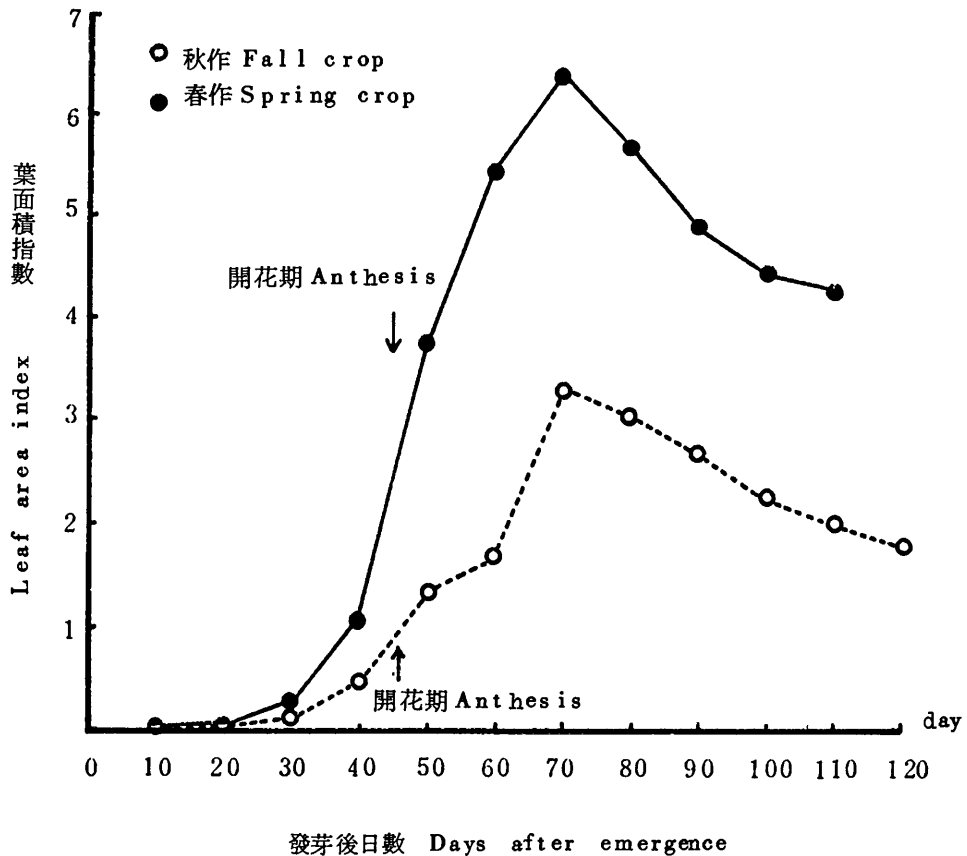


圖 5~1 薏苡台中選育 1 號生育期間葉面積指數之變化

Fig 5-1 Changes in LAI according to growth of Job's tears, Taichung-yu no. 1, 1986-1987.

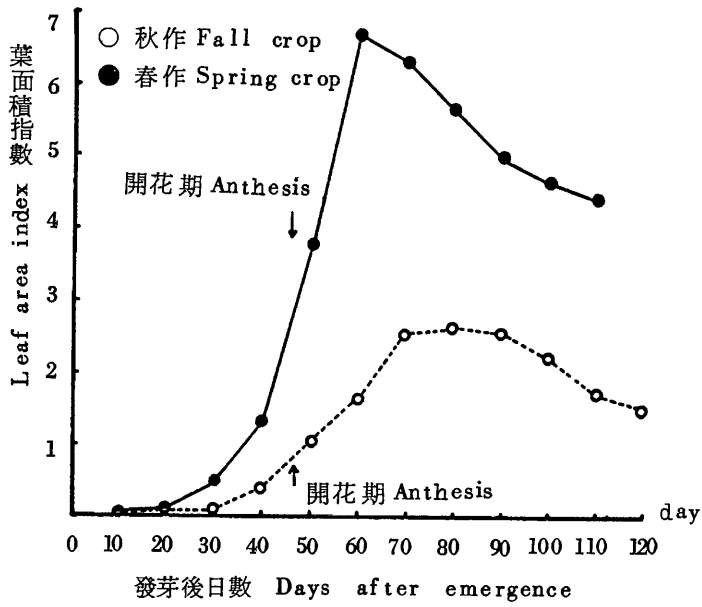


圖 5-2 薏苡岡山種生育期間葉面積指數之變化
 Fig 5-2 Changes in LAI according to growth of Job's tears, Okayamaza, 1986-1987.

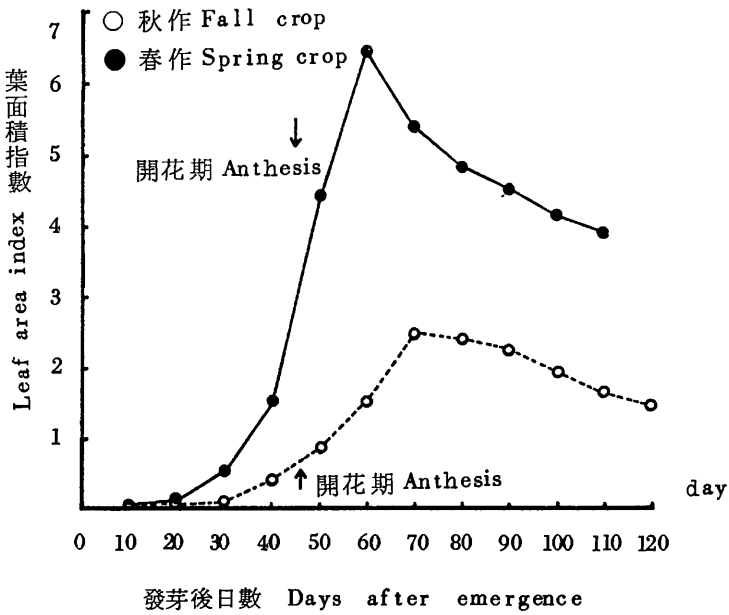


圖 5-3 薏苡中里種生育期間葉面積指數之變化
 Fig 5-3 Changes in LAI according to growth of Job's tears, Nakazato, 1986-1987.

六 開花後之葉面積與子實乾物重的變異

LAI 值與子實乾物重的關係列於圖 6~1、2、3。可知開花後 25~55 天為子實有效充實期，幾成一直線的關係，本試驗參試品種在子實充實期呈同一趨勢。

就期作而言，春作之 LAI 大於秋作，表示春作有足夠之供源 (Source) 供給碳水化合物至子實 (Sink) 上，而秋作稍嫌不足。春作子實乾物重之上升速度在開花後 30 天左右急驟上升，而秋作上升之速度較緩慢，乃受 LAI 值高低之影響所致。

就品種而言，較高產之品種具有較高的 LAI 值；秋作之參試品種中以台中選育 1 號之 LAI 值最高，故產量亦高，而中里種 LAI 稍低，故產量亦低，春作中里種之 LAI 值雖然不是最高，但產量表現最高，此乃因具有較大之 HI 之緣故，台中選育 1 號之 LAI 值最低，故產量亦低，故較高產潛能的品種應具有較高之 LAI 值，對子實的充實方較為有利。

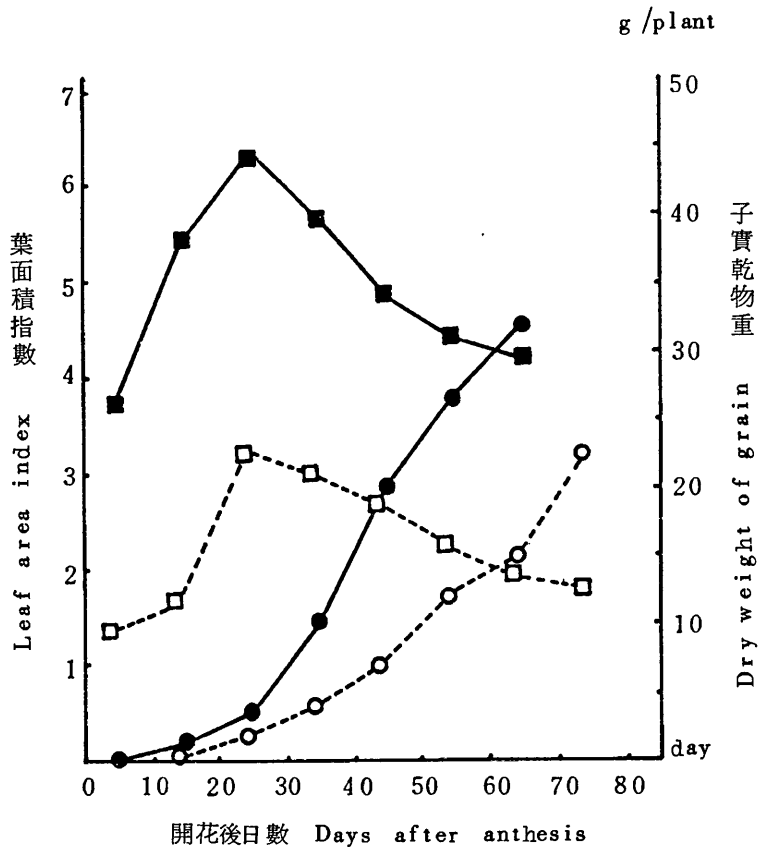


圖 6~1 薏苡台中選育 1 號抽穗後之葉面積指數與子實產量變化
 (□—葉面積指數, ○—乾物重, 空心—秋作, 實心—春作)
 Fig 6-1 Variation in leaf area index and grain dry weight after anthesis in Taichung-yu no.1, 1986-1987.
 (□—leaf area index, ○—dry weight, hollow—fall crop, solid—spring crop)

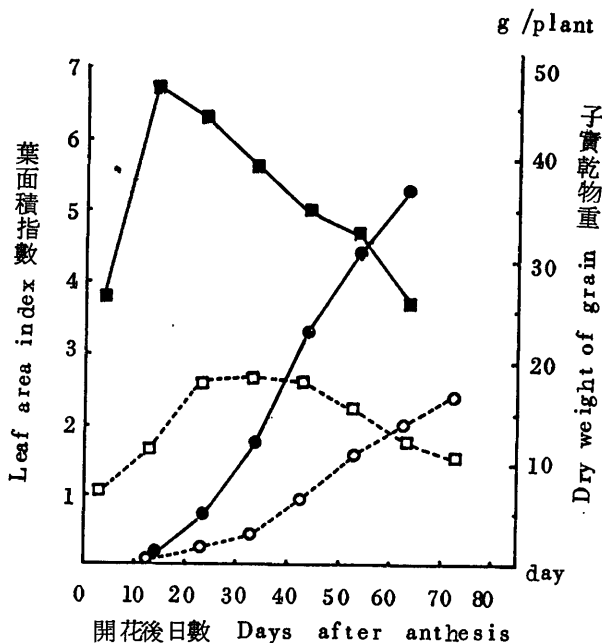


圖 6-2 蕙苡岡山種抽穗後之葉面積指數與子實產量變化
 (□—葉面積指數, ○—乾物重, 空心—秋作, 實心—春作)
 Fig 6-2 Variation in leaf area index and grain dry weight after anthesis in Okayamazawa, 1986-1987.
 (□—leaf area index, ○—dry weight, hollow—fall crop, solid—spring crop)

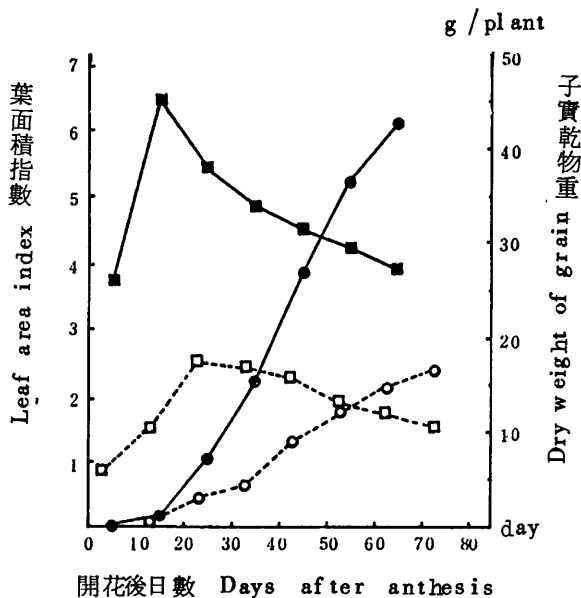


圖 6-3 蕙苡中里種抽穗後之葉面積指數與產量變化
 (□—葉面積指數, ○—乾物重, 空心—秋作, 實心—春作)
 Fig 6-3 Variation in leaf area index and grain dry weight after anthesis in Nakazato, 1986-1987.
 (□—leaf area index, ○—dry weights, hollow—fall crop, solid—spring crop)

作物生長速率 (\overline{CGR} , $g/m^2/day$) 之變異

由各品種之作物生長速率 (圖 7~1、2、3) 知秋作之 \overline{CGR} 於發芽後 60~70 天左右達到最高峯，春作則於 50~60 天左右達到最高峯；春作 薏苡 生育期間之 \overline{CGR} 皆比秋作為高，僅生育初期兩期作之 \overline{CGR} 值差異不明顯，秋作之 \overline{CGR} 在開花後 14~24 天左右即急驟下降，而春作之 \overline{CGR} 值却在開花後 5 天左右即急驟下降。

試驗結果亦顯示具較高產潛能的品種具有較高之 \overline{CGR} 值，如台中選育 1 號秋作時具較高產故其 \overline{CGR} 值亦最大 (最大 \overline{CGR} 值 $13.54 g/m^2/day$)，春作為高產的中里種其 \overline{CGR} 值亦最大 (最大 \overline{CGR} 值 $27.06 g/m^2/day$)，故 \overline{CGR} 值之高低似為決定乾物重及子實產量的一種重要介量 (parameter)。

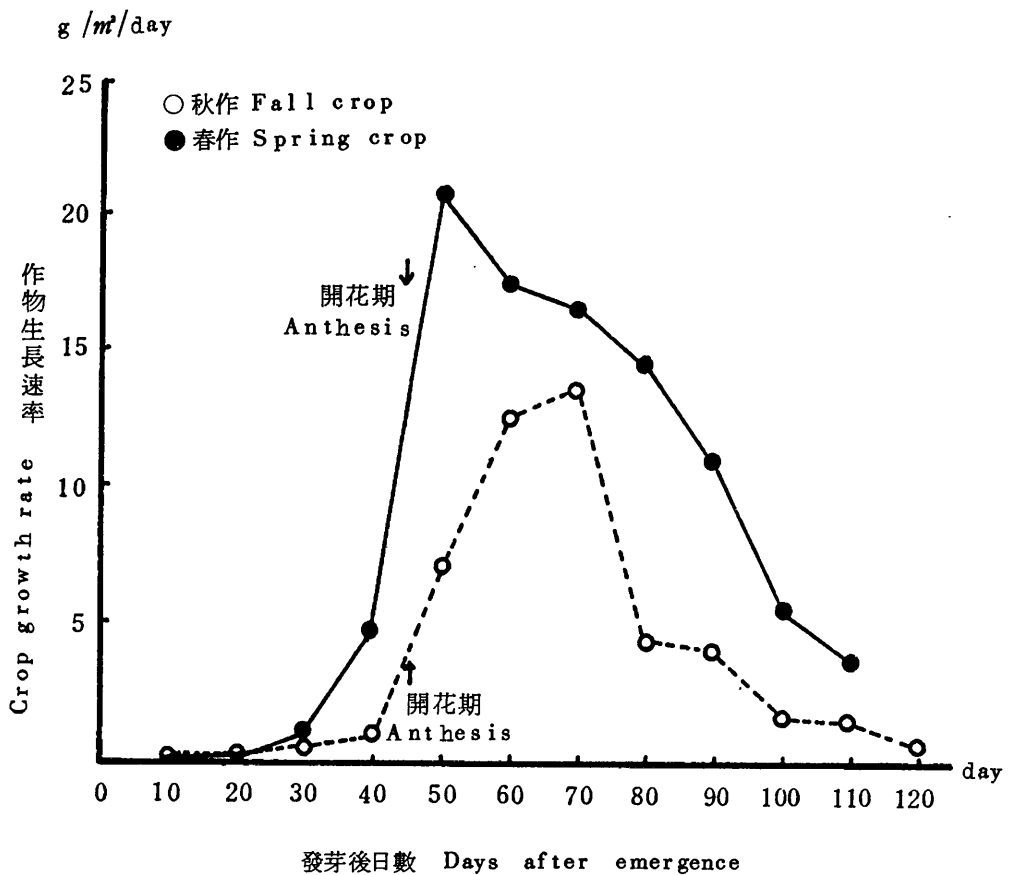


圖 7~1 薏苡台中選育 1 號生育期間作物生長速率之變化
 Fig 7-1 Changes in crop growth rate (\overline{CGR}) according to growth of Job's tear Taichung-yu no.1, 1986-1987.

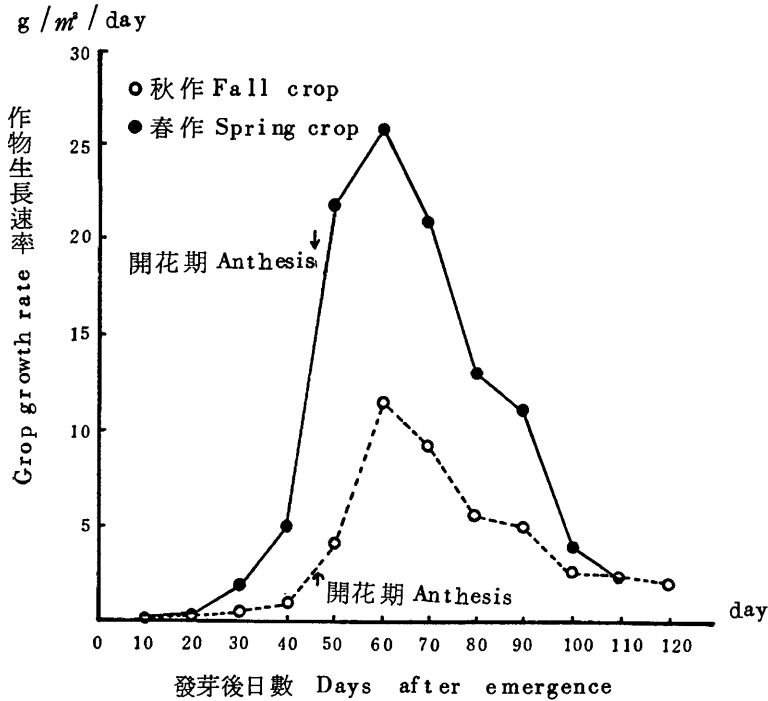


圖7-2 薏苡岡山種生育期間作物生長速率之變化
 Fig 7-2 Changes in crop growth rate (GCR) according to growth of Job's tears, Okayamazawa, 1986-1987.

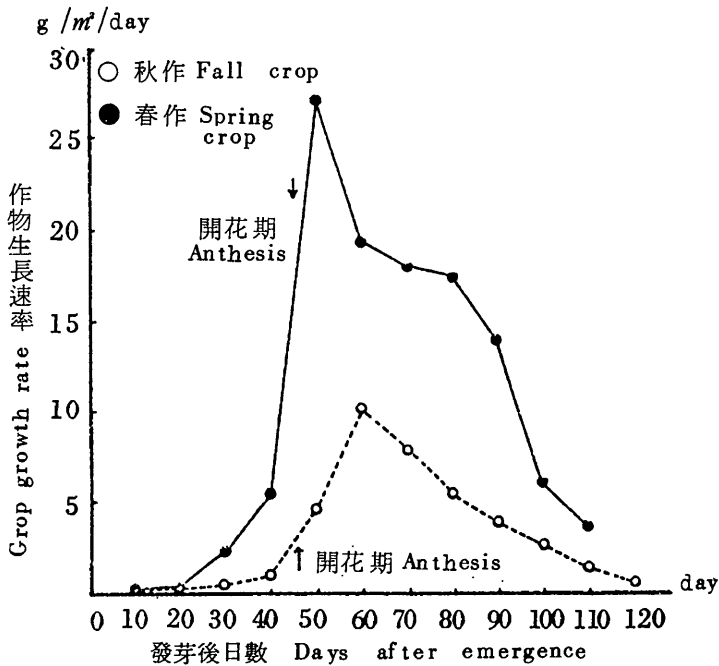


圖7-3 薏苡中里種生育期間作物生長速率之變化
 Fig 7-3 Changes in crop growth rate (GCR) according to growth of Job's tears, Nakazato, 1986-1987.

八、葉面積指數 (LAI) 與作物生長速率 (CGR) 之關係

LAI 與 CGR 值之關係列如圖 8，在春秋作全生育期兩者之間的相關係數各為 $r = 0.79^{**}$ 及 $r = 0.59^{**}$ ，均呈極顯著的正相關，此表示葉面積的多寡與薏苡乾物質 (產量) 的大小有密切關係，欲提高薏苡乾物質的生產 (或產量) 則需保持葉面積在一定的比例上。

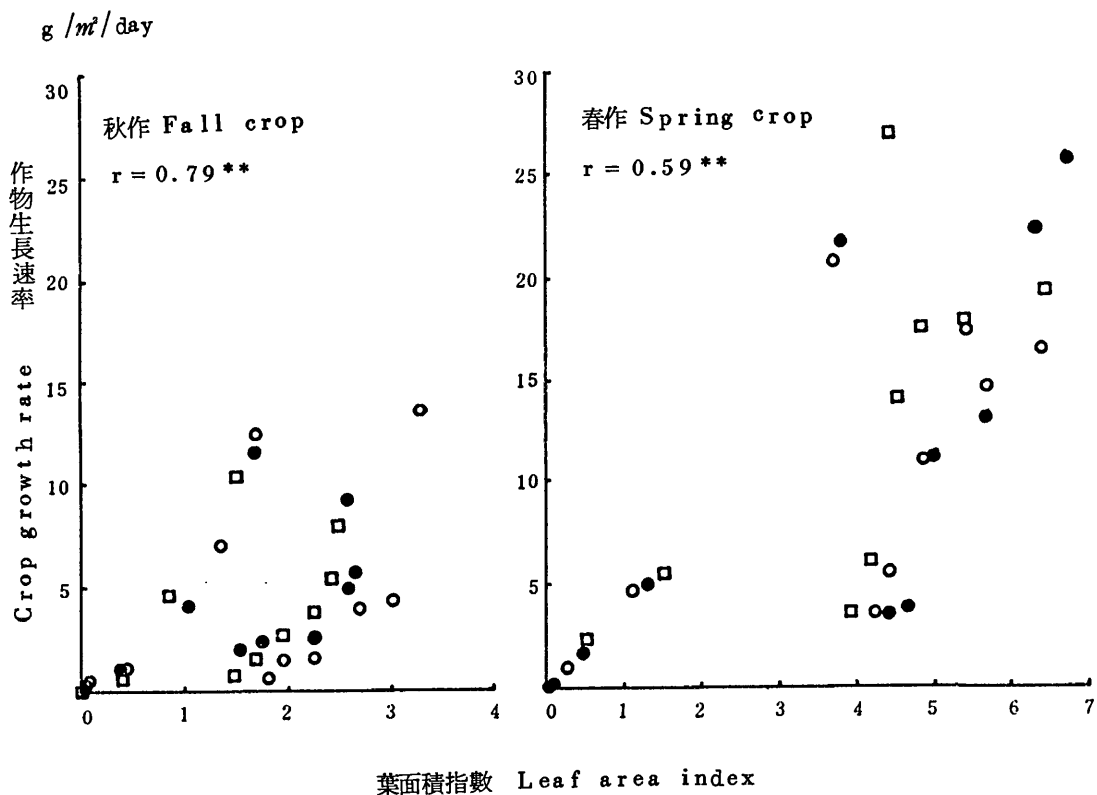


圖 8 薏苡品種生育期間葉面積指數與作物生長速率之關係
(○—台中選育 1 號, ●—岡山種, □—中里種)

Fig8 Relationships between leaf area index and crop growth rate in Job's tears, 1986-1987.

(○—Taichung-yu no.1, ●—Okayamazawa, □—Nakazato)

九、淨同化速率 (NAR, $g/m^2/day$) 之變異

各品種不同生育期之 NAR 值列於圖 9-1、2、3，薏苡 NAR 值之變化曲線生育初期稍低並隨生育期漸次上升，至開花時達到最高峯，然後急驟下降；春作生育初、中期之 NAR 值稍高於秋作，生育中、後期則差異不明顯，而參試品種中之 NAR 值相差無幾。

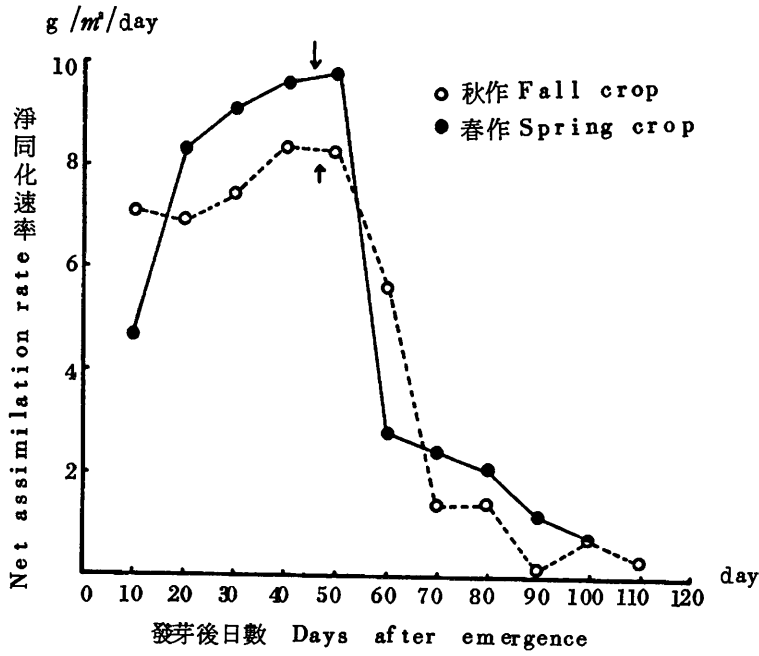


圖 9-1 薏苡台中選育 1 號生育期間淨同化速率之變化
 Fig 9-1 Changes in net assimilation rate (NAR) according to growth of Job's tears, Taichung-yu no.1, 1986-1987.

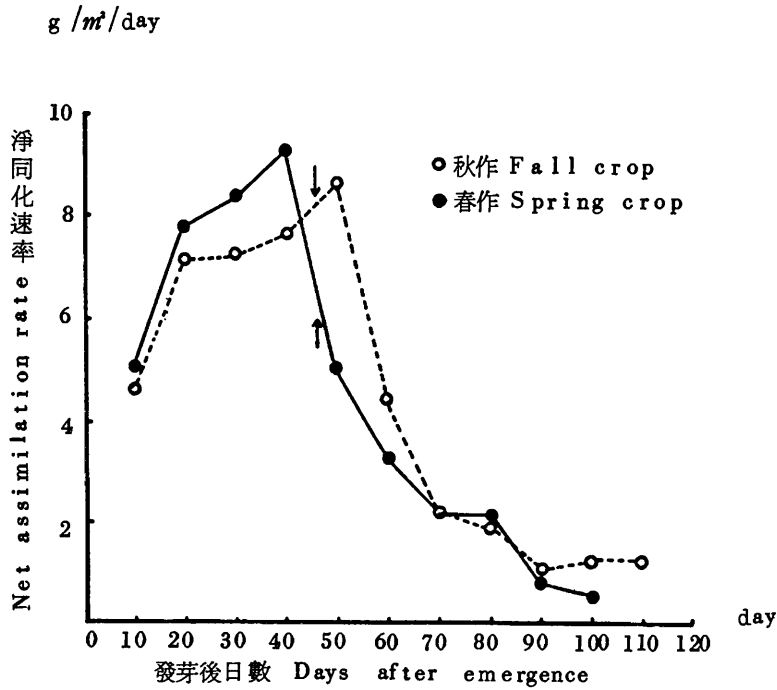


圖 9-2 薏苡岡山種生育期間淨同化速率之變化
 Fig 9-2 Changes in net assimilation rate (NAR) according to growth of Job's tears, Okayamazawa, 1986-1987.

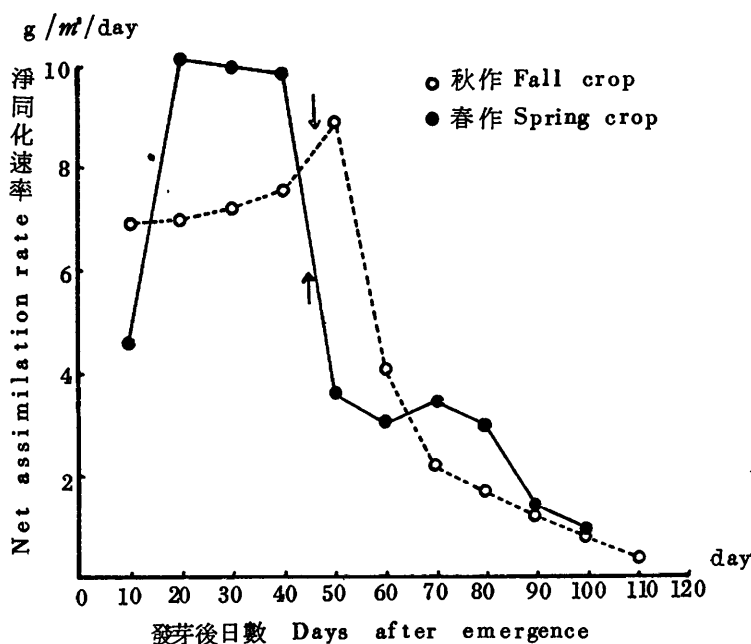


圖 9-3 薏苡中里種生育期間淨同化速率之變化
 Fig 9-3 Changes in net assimilation rate (NAR) according to growth of Job's tears, Nakazato, 1986-1987.

十 葉面積指數與淨同化速率之關係

參試品種葉面積指數與淨同化速率之相關係數秋作為 $r = -0.505^{**}$, 春作為 $r = -0.560^{**}$, 呈極顯著的負相關 (圖 10.), 即薏苡當 LAI 值增加時, 光合效率則降低。

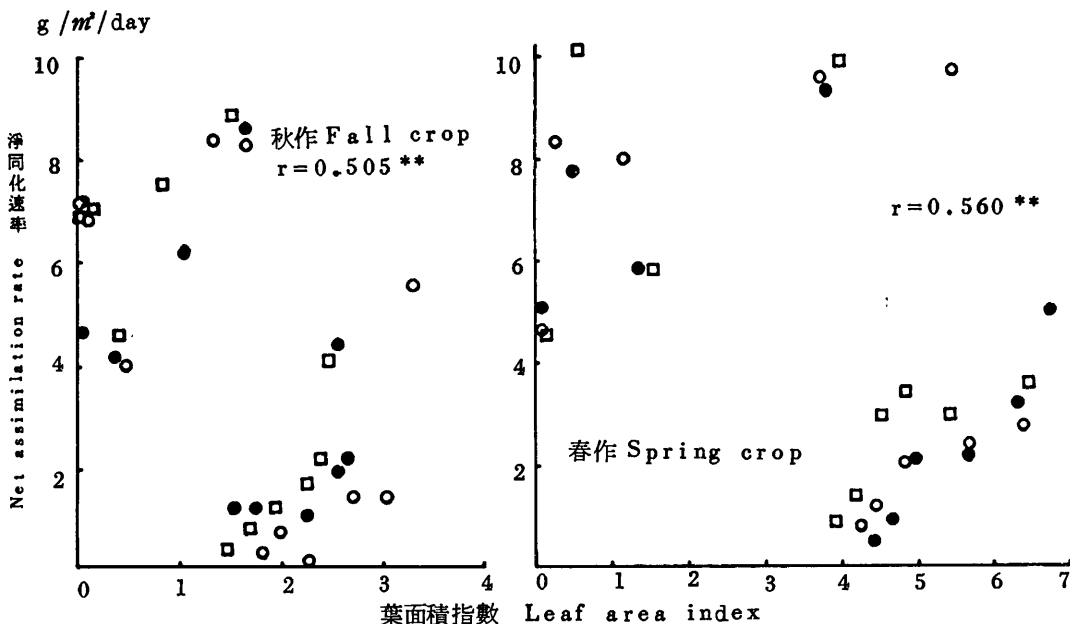


圖 10. 薏苡品種葉面積指數與淨同化速率之關係
 (○—台中選育 1 號, ●—岡山種, □—中里種)
 Fig10. Relationships between leaf area index (LAI) and net assimilation rate (NAR) in Job's tears, 1986-1987.
 (○—Taichung-yu no.1, ●—Okayamaza, □—Nakazato)

葉與子實之相對生長速率 (\overline{RGR} , $g/g/day$)

葉與子實之 \overline{RGR} 調查結果列如圖 11-1、2、3，可知發芽後 70~80 天，葉之 \overline{RGR} 呈負值，而子實之 \overline{RGR} 呈緩慢下降趨勢，即在子實期間若葉之 \overline{RGR} 值降低，則子實之 \overline{RGR} 值亦降低，表示葉對於子實同化物質之貢獻上佔著相當重要的比例；參試品種春作葉之 \overline{RGR} 值僅於生育初期稍大於秋作，生育中、後期則相差無幾，各別品種間葉與子實之 \overline{RGR} 值差異不明顯。

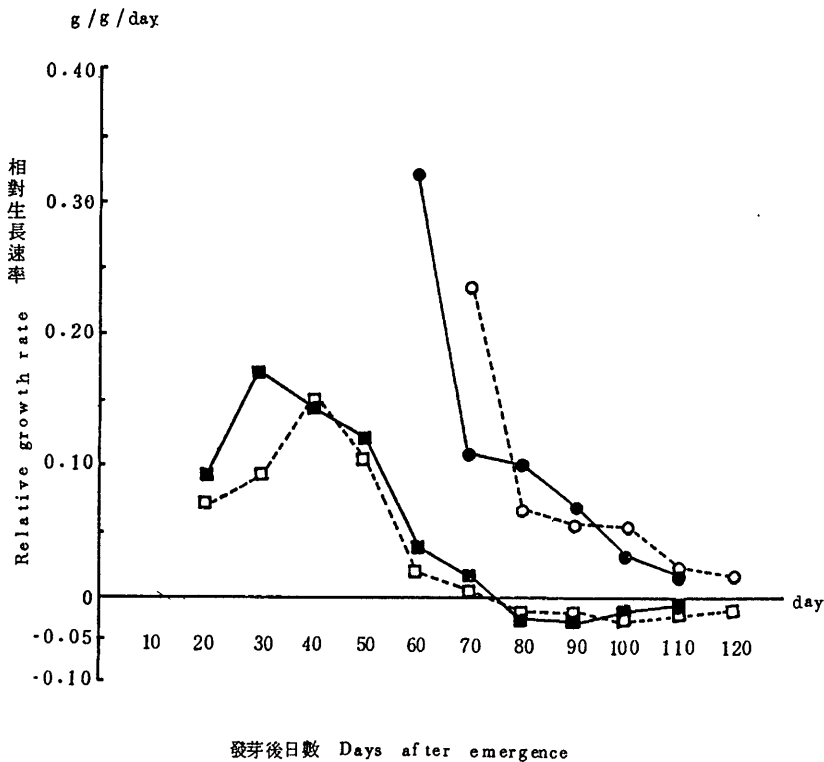


圖 11-1 薏苡台中選育 1 號生育期間葉與子實之相對生長速率
(□—葉, ○—子實, 空心—秋作, 實心—春作)

Fig 11-1 The relative growth rate (RGR) of leaf and grain of Job's tears, Taichung-yu no.1 under two different crop seasons, 1986-1987.
(□—leaf, ○—grain, hollow—fall crop, solid—spring crop)

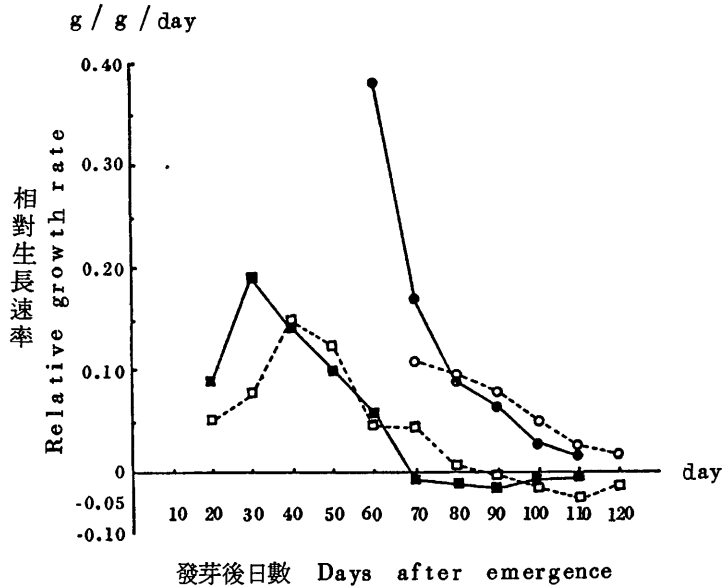


圖 11-2 薏苡岡山種生育期間葉與子實之相對生長速率
 (□—葉, ○—子實, 空心—秋作, 實心—春作)
 Fig 11-2 The relative growth rate (RGR) of leaf and grain of Job's
 tears, Okayamazawa under two different crop seasons,
 1986—1987.
 (□—leaf, ○—grain, hollow—fall crop, solid—spring crop)

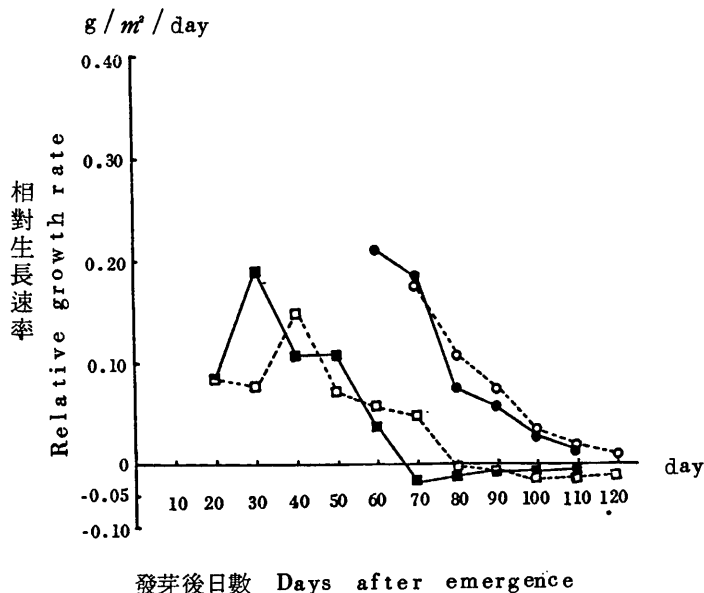


圖 11-3 薏苡中里種生育期間葉與子實之相對生長速率
 (□—葉, ○—子實, 空心—秋作, 實心—春作)
 Fig 11-3 The relative growth rate (RGR) of leaf and grain of Job's
 tears, Nakazato, under two different crop seasons, 1986—1987.
 (□—leaf, ○—grain, hollow—fall crop, solid—spring crop)

不同期作品種間籽實與乾物重之生長速率變化

籽實與全乾物重之生長速率列於圖12-1、2、3及表4。本試驗中以籽實生長速率(Grain growth rate, \overline{GGR} , $g/m^2/day$)表示積儲(Sink)活性,由結果知春作之積儲強度與全生育期平均積儲強度大於秋作,但積儲長短(duration)則無甚大差異,表示春作之積儲大小較秋作為大,有利於蒞苡產量的提高,春作之 \overline{CGR} 亦較秋作為大,即表示春作有較大之供源能力(表4)。就品種而言,較具高產之品種有較大之 \overline{GGR} ,秋作以台中選育1號($2.70 g/m^2/day$)為最高,岡山種($5.77 g/m^2/day$)次之,台中選育1號($2.70 g/m^2/day$)最低;供源能力以台中選育1號($4,136 g/m^2/day$)與岡山種($4,142 g/m^2/day$)較高,中里種($3,536 g/m^2/day$)為最低,春作以中里種($9.93 g/m^2/day$)為最高,岡山種($9.00 g/m^2/day$)次之,台中選育1號($8.42 g/m^2/day$)最低。

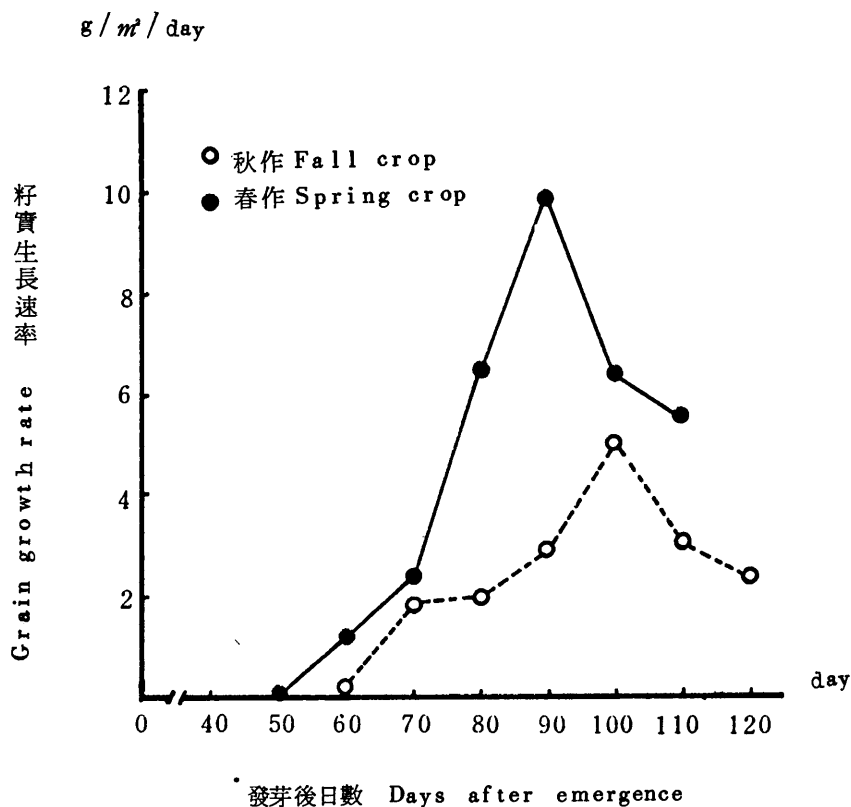


圖12-1 蒞苡台中選育1號籽實生長速率變化
 Fig12-1 Grain growth rate (\overline{GGR}) of Job's tears, Taichung-yu no.1 at successive developmental stage in two crop seasons, 1986-1987.

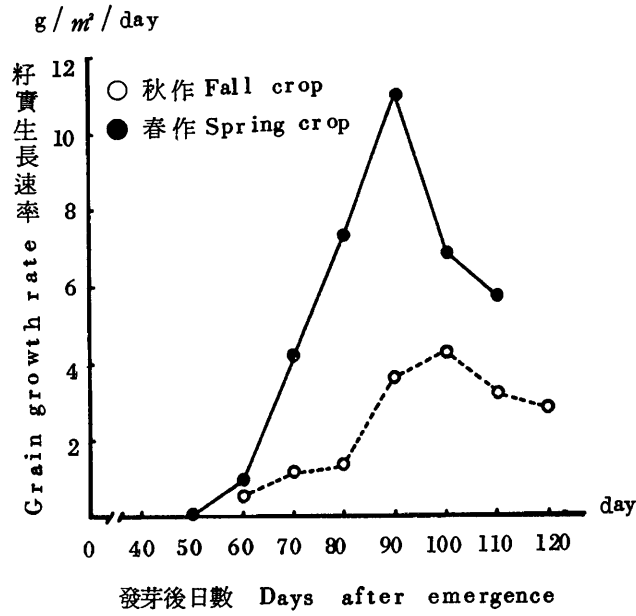


圖12~2 薏苡岡山種籽實生長速率變化
Fig12-2 Grain growth rate (\overline{GGR}) of Job's tears, Okayamazawa, at successive developmental stage in two crop seasons, 1986-1987.

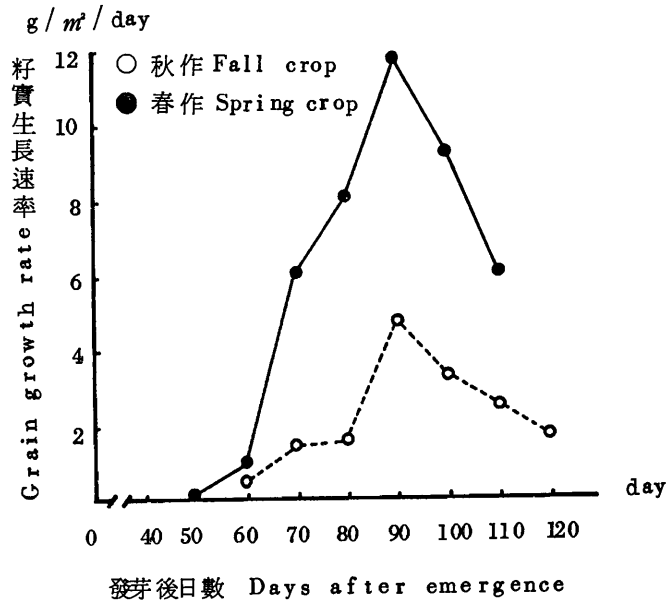


圖12~3. 薏苡中里種籽實生長速率變化
Fig12-3. Grain growth rate (\overline{GGR}) of Job's tears, Nakazato, at successive developmental stage in two crop seasons, 1986-1987.

表 4 薏苡品種在春、秋兩期作全乾重及籽實乾重加權平均生長速率

Table 4 Weighted average growth rate of total dry weight (CGR) and grain (GGR) in two different growing seasons.

品 種 Entry	加權平均 * Weighted average	
	CGR	GGR
<u>秋作 Fall, 1986</u>		
台中選育 1 號 Taichung-yu no. 1	4,136	2.70
岡山種 Okayamazawa	4,142	2.64
中里種 Nakazato	3,536	2.38
<u>春作 Spring, 1987</u>		
台中選育 1 號 Taichung-yu no. 1	8.42	5.19
岡山種 Okayamazawa	9.00	5.77
中里種 Nakazato	9.93	6.80

* 全生育期加權平均生長速率

Average growth rate weighted by duration over whole growing season.

討 論

作物生長與產量不僅受遺傳因子本身所控制，同時亦受環境因子的影響（3、9），尤其氣象因子如溫度、日照及雨量等之影響甚巨，本試驗由於春秋作環境差異甚大，進而影響到薏苡之生長。秋作中、後期之平均溫度僅 20 °C 左右，每日平均日照時數約 1.9 小時左右，降雨量集中在生育初期，春作中、後期之平均溫度 24 °C 左右，日照時數平均 3.2 小時，降雨量集中在生育中、後期，故可知秋作之氣候條件，初期為高溫，多日照及多雨，生育中、後期為低溫、寡日照，春作生育初期為低溫，少日照，中、後期為高溫、多日照、多雨，而且春作全生育期之平均濕度均高於秋作。花蓮地區栽培薏苡，秋作初期之高溫、多日照以及春作中、後期之高溫、稍多之日照對子實產量有利，但秋作後期之多雨、低日照恐為影響子實產量之最重要限制因子，由於兩期作之間抽穗後至子實充實期間之氣候環境的差異明顯，可能影響到薏苡植株間供源——積儲 (Source-Sink) 關係之不同（4、6），進而影響到產量與生長之差異。

春作之乾物質累積能力大於秋作，產量亦較秋作為高，較高產之品種其乾物質累積能力亦較大，由本試驗得知乾物重與產量兩者間之相關係數 $r = 0.916^*$ ，呈極顯著之正相關，故可知薏苡乾物重之大小能影響到產量的高低，即表示供源大時，則產量可能亦較高。許多研究指出收穫指數為作物產量高低之重要指標之一，本試驗結果指出春作 HI 較秋作為低，乃因春作後期之高溫及多雨，致使薏苡植株生長旺盛，同化物質轉流到子實上的比例較少，而轉流到莖葉之比例較多之緣故，亦即表示春作子實同化物質之分配率較秋作為少。但由春作產量高於秋作來看，薏苡產量高低，HI 似非重要限制因子，可能尚牽涉到積儲 (Sink) 活性與供源 (Source) 大小及光合產物如何轉運 (Translocation) 等方面之問題；但較高產之品種具有較高之 HI，結果則說明了品種間產量的高低，HI 仍似為限制因子之一。

薏苡植株各個部位間乾物質的累積能力，春作大於秋作，較高產的品種具有較高的乾物質累積能力；秋作稈及葉之乾物重在抽穗後緩慢下降，即秋作供源仍嫌不足，對產量可能影響很大。

一般而言，供源的強度以供源大小 × 供源活性 (Activity) 表示，本試驗以葉面積指數表示供源大小，以淨光合速率表示供源活性。春作全生育期之 LAI 值大於秋作，表示春作之供源能力較秋作為大。

，品種間具較高產之品種亦具較高之LAI值，尤其是春作開花後葉面積保持一段相當大的LAI值，這段期間正是子實有效充實期，因葉有足夠的碳水化合物供應給子實，故子實產量亦高，與高、湯等⁽²⁾謂抽穗後之葉面積始與穀粒產量有關不謀而合。春秋作之淨同化速率（即供源活性）差異不明顯，品種間亦無甚大差異，表示薏苡的供源強度主因受供源大小所決定，供源活性對其貢獻不大，故欲提高薏苡產量在供源方面維持開花後LAI值之提高，方可收到事半功倍的效果。

LAI與CGR之相關係數，秋作 $r=0.59^{**}$ ，春作 $r=0.79^{**}$ ，即葉面積的多寡能決定作物乾物質生產量的大小⁽¹²⁾，高CGR對作物產量較為有利^(6, 11)，春作具有較高之CGR值故產量亦較秋作為高，具較高產潛能的品種同時亦具有較高的CGR值。

作物群落（Community）之乾物生長量受作物生長速率（CGR）之支配⁽⁶⁾，CGR之大小又受LAI與NAR之影響， $\overline{CGR} = LAI \times \overline{NAR}$ ，薏苡在抽穗後CGR值最高，乃因LAI與NAR值在此時達到最高峯，抽穗後10天左右即急驟下降，乃因NAR值在抽穗後下降特別快之緣故。NAR在抽穗後急速下降之原因乃受了葉片相互遮蔭（Mutual Shading），LAI值增大（LAI與NAR之相關係數，秋作 $r = -0.505^{**}$ ，春作 $r = -0.560^{**}$ ），葉之光合作用活性隨著生育日數之增加而降低⁽¹³⁾，及後期之寡日照（秋作）與葉片之老化⁽⁵⁾等影響。薏苡春秋作產量的差異乃是受了LAI，CGR與NAR三者之變化所致，具較高產之品種具有較高之LAI，CGR值，但NAR則差異不大，NAR之高低與產量無關^(2, 11)，故栽培上如何提高作物CGR與LAI值亦為薏苡增產之途徑。

薏苡葉之相對生長速率（RGR）在發芽後70~80天時呈負值，此時子實之RGR值僅呈緩慢下降趨勢，即表示此時葉之同化物質分配到子實之效應已嫌不足，尚須從植株其他部位轉流同化物質而來。關於在子實有效充實期間葉、葉鞘、稈等之同化物質如何分配到子實上及分配的比例，植株各部位器官競爭同化物質能力的問題及Auxin等荷爾蒙如何控制同化物質轉流等問題，實有待進一步探討的必要。

積儲強度^(9, 11)以積儲大小×積儲活性來表示；薏苡積儲的大小以每櫟小穗數、每櫟粒數、粒重、容重等來表示，本試驗中積儲大小春作大於秋作，表示春作具有較大之積儲能力；積儲的活性以籽粒生長速率（Grain growth rate, \overline{CGR} ）與籽粒充實期的長短來表示。薏苡春秋作籽粒充實期的長短大略相等，即表示籽粒充實期的長短與積儲活性無甚大關係；春作之 \overline{CGR} 以及全生育期的平均 \overline{CGR} 均較秋作為高，故其積儲活性亦較高，品種之間具較高產潛能的品種亦具較高之積儲活性，欲提高薏苡之產量，如何增加其積儲強度亦為增產之可行途徑。

由上述可知，薏苡供源—積儲強度與產量有密切的關係，而供源—積儲間的相互關係更影響乾物質的生產與分配。概言之，薏苡期作品種間產量差異之原因可歸納如下：

- (1) 期作間：
 - ① 供源方面：春作LAI值大，CGR值亦大，而秋作較小，即供源強度為產量之限制因子。
 - ② 積儲方面：春作之積儲大小與積儲活性均較秋作為大，即積儲強度亦為產量高低之限制因子。
 - ③ 春作HI低，秋作HI高，即春作乾物質分配到經濟產量之比例仍嫌不足，亦為產量之限制因子。
- (2) 品種間：
 - ① 供源方面：具較高產潛能的品種具有較高之LAI與CGR值，即供源強度為產量高低的限制因子。
 - ② 積儲方面：具較高產潛能的品種具有較高之積儲活性即較高之 \overline{CGR} 值，故 \overline{CGR} 值亦為產量之限制因子。
 - ③ 具較高產潛能之品種具有較高之HI，即乾物質分配到經濟產量較高之品種，其產量亦可能較高，故HI亦可能為產量高低之限制因子。

參考文獻

1. 盧英權，1966，薏苡，「食用作物學」PP152~155，台中、台灣。
2. 高景輝、湯文通，1978，葉片生長之生理「植物生長與分化」PP140~157，國立台灣大學農學院。
3. 林安秋，1980，氣候及生長季節與台灣雜糧增產，科學農業28(1~2):13~24。

4. 王強生、朱德民, 1981, 同化產物供源與積儲關係之探討, 科學農業 29 (5 ~ 6) : 147 ~ 154 。
5. 黃俊杉, 1982, 落花生之生長分析及石灰施用對其產量構成要素之影響。國立中興大學糧食作物研究所, 碩士論及。
6. 洪梅珠, 1982, 玉米產量形成過程在春秋期作之變異, 中華農學會報新 125 : 61 ~ 70 。
7. 高德錚、王長瑩、呂阿牛, 1984, 薏苡——適合稻田轉作之新興作物, 科學農業 32(5 ~ 6): 127 ~ 131。
8. 台灣省花蓮區農業改良場, 1986, 年報 (民國75年) 146P 。
9. 盧淑華、朱德民、呂宗佳, 1986, 光合產物“供源——轉運——積儲”與玉米產量的關係, 科學農業 34 (1 ~ 2) : 10 ~ 16 。
10. 范明仁、朱鈞 (譯) , 1986, 生長調節劑與同化物質的分配, 科學農業 34 (1 ~ 2) : 17 ~ 20 。
11. 蔡秀隆、朱德民、林俊隆, 1987, Virginia type 落花生之乾物質生產分配與產量的關係, 中華農學會報新 139 : 30 ~ 43 。
12. 秋山侃, 1975, トウモロコシの物質生産に関する研究, 92P (油印本) 。
13. Murata, Y. 1975, Comparison of growth characteristics between species. In “Crop productivity and solar energy utilization in various climates in Japan” Volumell, PP. 221-233, Tokyo.
14. Schaaffhausen, Reimar V. 1952, Adlay or Job's-tears a cereal of potentially greater economic importance. Economics Bot. 6: 216-227.
15. Sestak, J. Catsky & P. G. Jarvis, 1971, Method of growth analysis. In “Plant photosynthetic production, Manual of methods” PP. 343-391.