

雪豆睡眠運動的探討

高中組生物

省立新竹高級中學

指導老師：楊 良 平

製作學生：范金海等四人

〔已知事實〕：

(一)雪豆的睡眠運動乃因葉枕上下細胞膨壓之改變所致，而 k^+ 之進出於細胞內外，引起細胞膨壓產生變化。

(二)根據食療法知：雪豆可治療神經衰弱，又可作為緩瀉劑。

(三)動物神經突觸間產生乙醯胆胺，傳導神經衝動，而衝動的傳導乃 k^+ 由神經細胞中轉移到細胞外；乙醯胆胺又可促進消化道的蠕動。

(四)雪豆能日出而醒日落而睡，光照與黑暗似可控制其睡眠運動。

〔探討目標〕：

(一)乙醯胆胺對睡眠運動的影響。

(二)光照與黑暗對睡眠運動的影響。

〔步驟與結果〕：

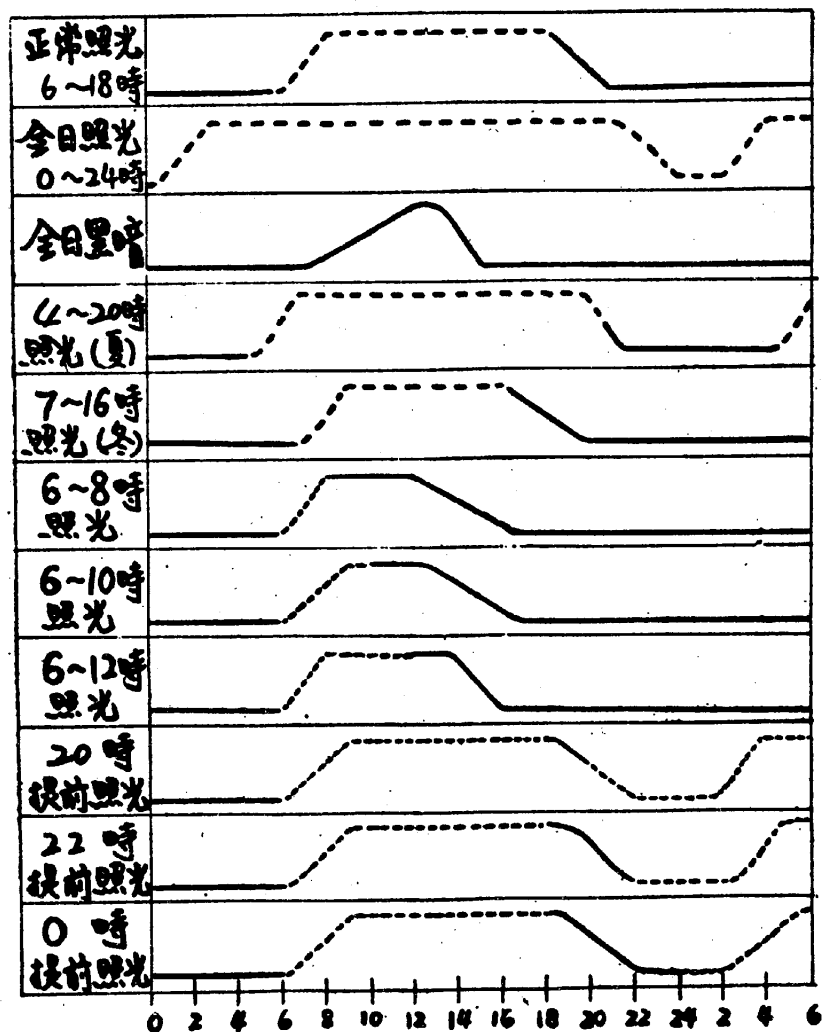
(一)證明雪豆含神經激素：將雪豆葉枕磨碎，取抽出液滴於蛙心上，計算其心跳改變次數，同已知濃度之乙醯胆胺比較，結果如下表：

	葉枕 上部	葉枕 上部	葉枕 下部	葉枕 下部	一般 植物	0.1% 乙醯 胆胺	0.01% 乙醯 胆胺	0.001% 乙醯 胆胺
時 間	0時	12時	0時	12時	12時	12時	12時	12時
處理前 次/分	33	35	37	36	26	33	31	39
處理後 次/分	29	22	24	32	24	4	20	37
減 少 %	12.1	37.1	35.1	11.1	7.7	87.9	35.5	5.1

(二)葉枕細胞中之水濃度測定：在不同的時間，以不同濃度之NaCl溶液滴於葉枕的徒手切片上，求出上、下部細胞中之水濃度。結果如下表：

時 間	3時	6時	9時	12時	15時	18時	21時	0時	
使細胞萎縮的NaCl濃度%	上部細胞	4.5	4.3	4.0	3.7	3.7	4.0	4.3	4.5
	下部細胞	3.7	4.0	4.3	4.5	4.5	4.3	4.0	3.7

(三)光照與黑暗對雪豆睡眠運動的影響：將雪豆葉剪下，插於盛水試管中，以不同之光照週期處理，觀察其睡眠運動的情形。結果如圖一：



(圖 一)

(四)光照與黑暗對枕葉細胞膨壓的影響：在不同的時間以光照或黑暗處理葉枕的徒手切片，20分鐘後觀察上下細胞膨壓改變的情形。結果如下表：

		時間(時)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
照	處理前	上	78	84	80	77	78	77	76	78	80	82	86	83	76
		下	81	86	84	85	84	85	85	87	86	85	89	84	80
光	處理後	上	78	82	76	74	75	74	76	78	81	84	88	84	76
		下	81	87	85	87	86	88	86	87	84	84	87	84	80
黑	處理前	上	82	85	78	81	83	78	77	77	81	83	85	85	78
		下	83	88	83	87	88	87	86	87	85	87	89	86	79
暗	處理後	上	82	85	77	80	81	76	77	78	82	85	86	85	78
		下	83	89	84	88	91	89	88	84	88	89	86	84	79

(五)乙醯胆胺對葉枕細胞膨壓的影響：在不同的時間，將0.01%乙醯胆胺滴於葉枕的徒手切片上，20分鐘後觀察細胞膨壓的改變。結果如下表：(對照組滴水)。

時間		0時		2時		4時		6時		8時		10時		12時	
		實 驗 組	對 照 組	實 驗 組	對 照 組	實 驗 組	對 照 組	實 驗 組	對 照 組	實 驗 組	對 照 組	實 驗 組	對 照 組	實 驗 組	對 照 組
處理前	上	81	81	86	85	100	84	85	83	84	86	84	86	76	65
	下	81	81	91	91	91	90	102	98	99	95	100	103	85	95
處理後	上	81	81	84	85	98	84	83	81	82	84	83	85	76	65
	下	81	81	92	92	93	91	106	101	103	98	104	104	86	96

時 間		14 時		16 時		18 時		20 時		22 時		24 時	
		實 驗 組	對 照 組	實 驗 組	對 照 組	實 驗 組	對 照 組	實 驗 組	對 照 組	實 驗 組	對 照 組	實 驗 組	對 照 組
處 理 前	上	86	90	78	79	82	85	74	78	85	84	82	81
	下	81	93	82	77	89	90	90	89	87	86	84	81
處 理 後	上	87	90	81	79	85	86	77	79	86	84	82	81
	下	79	93	82	76	87	88	88	88	86	85	84	81

[睡眠運動生物時鐘的設計] :

(一)由實驗 1 知：雪豆中含有抑制心跳的神經激素，其效應等於 0.01% 乙醯胆胺。

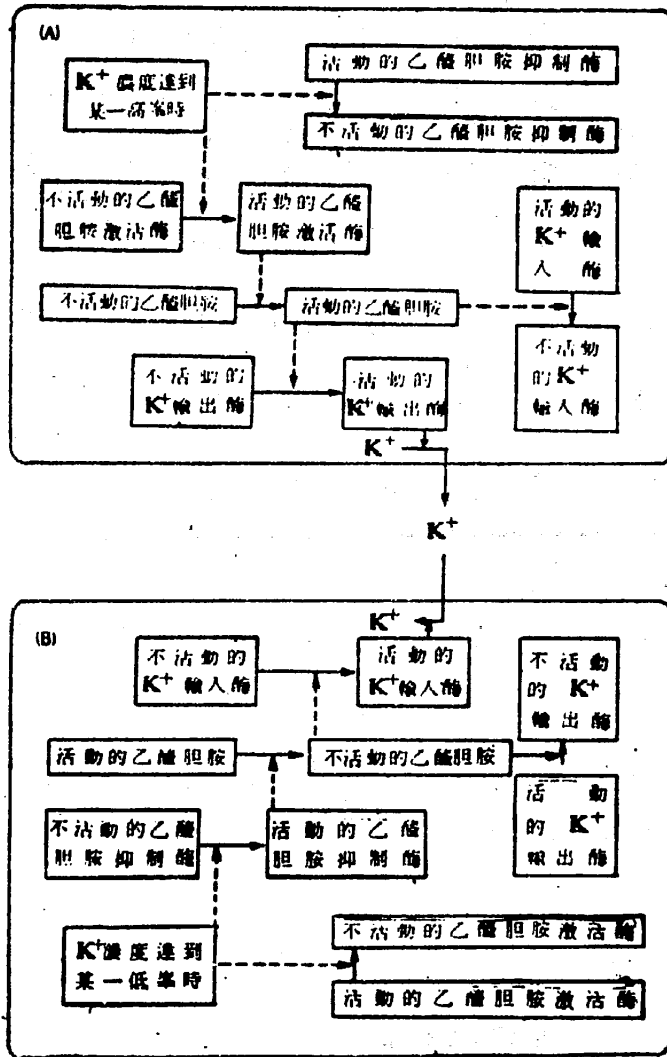
(二)由實驗 5 知：乙醯胆胺在 0 時至 11 時左右能促進葉枕上部細胞的萎縮；13 時至 23 時則能促進下部細胞的萎縮；但對上下部膨脹皆無影響。

(三)由參考資料知：乙醯胆胺可促使 k^+ 由細胞內轉運至細胞外，乙醯胆胺即為發動 k^+ 運出的物質。

由上述三點，我們可推想細胞膨壓的改變——植物的睡眠運動為一回饋控制的反應，其機制可能如下：細胞中可能有下列幾種酶控制 k^+ 的進出：

- (1) 乙醯胆胺激活酶：將不活動的乙醯胆胺激活為活動狀態。
- (2) 乙醯胆胺抑制酶：將活動的乙醯胆胺轉變為不活動狀態。
- (3) k^+ 輸出酶：將 k^+ 由細胞內轉移至細胞外。
- (4) k^+ 輸入酶：將 k^+ 由細胞外轉移至細胞內。

上述酶的作用如下圖：

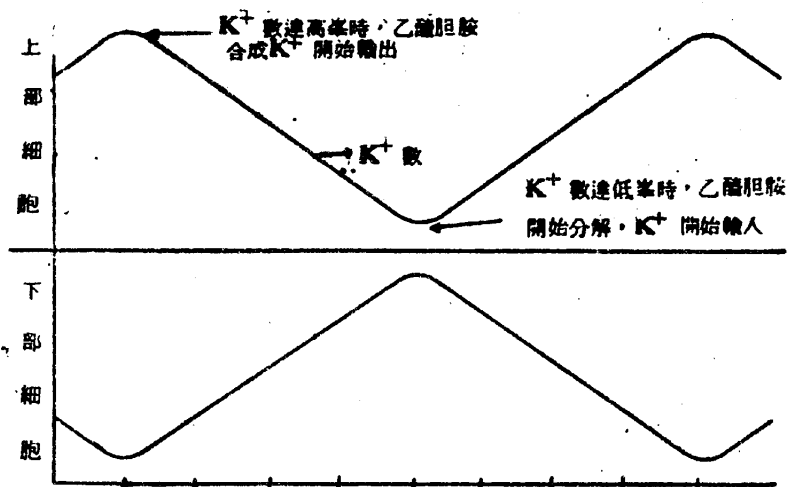


A、當 k^+ 在細胞內的數量達某一高峯時，不活動狀態乙醯胆胺激活酶轉變為活動狀態，此酶可將不活動的乙醯胆胺轉變為活動的乙醯胆胺。乙醯胆胺又可將 k^+ 輸出酶激活，且抑制 k^+ 輸入酶的作用。因此 k^+ 乃由細胞內向外輸出，細胞水濃度漸高，水乃向細胞外擴散而漸漸萎縮。

B、當 k^+ 在細胞內的數量達某一低點時，不活動的乙醯胆胺抑制酶轉變為活動狀態，此酶可將活動的乙醯胆胺轉變為不活動的乙醯胆胺。不活動的乙醯胆胺又可將 k^+ 輸入酶激活，且抑制 k^+ 輸出酶的作用。因此 k^+ 乃由細胞外向內輸入，細胞的水濃度漸低，水向細胞內滲入而漸漸膨脹。

上部細胞的如 A 下部細如 B 時，雪豆則在覺醒狀態；反之，則處於睡眠狀態。

上下部細胞中 k^+ 的數量如下圖：

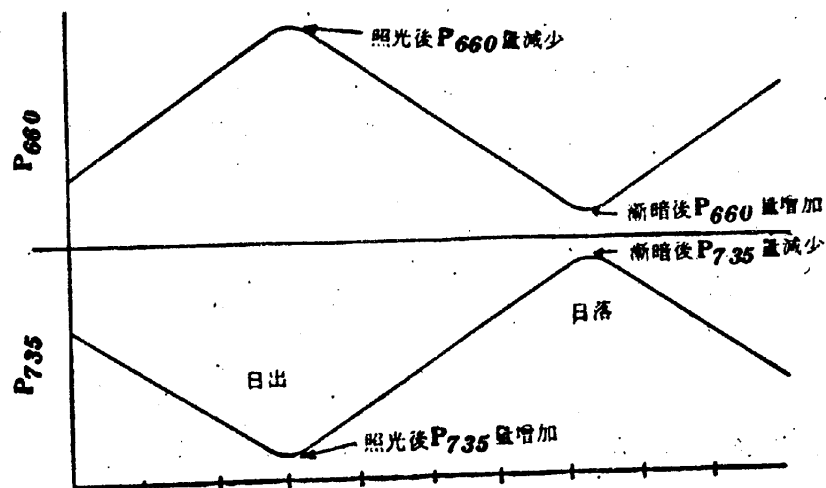


〔光的影響〕：

(一)由實驗 3 及 4 知全日黑暗或光照者，仍有睡眠運動發生，可見雪豆本身具有自己的韻律。在 0 時至 12 時若提早照光則可促進覺醒的發生。觀察結果知上部細胞在光照下能加速萎縮。12 時至 24 時若提早置於黑暗，則可促進睡眠。觀察得知，下部細胞在黑暗中加速萎縮。

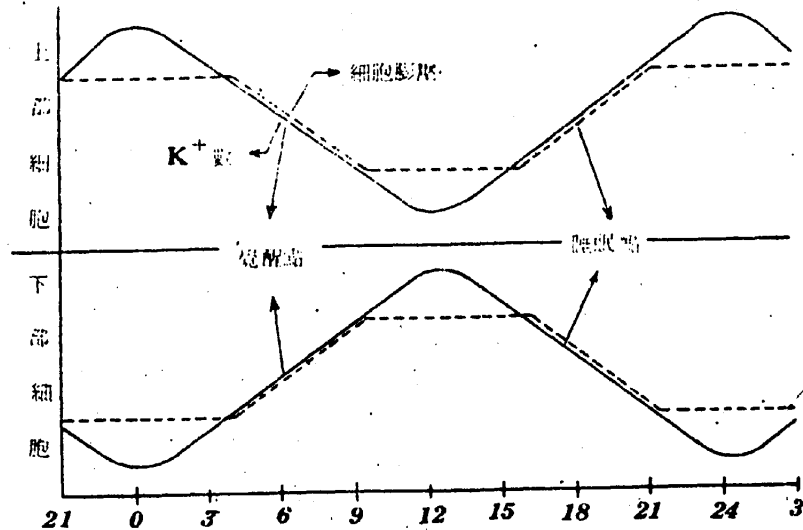
(二)由參考資料知：植物細胞中有二種對光極為敏感的色素—— P_{735} 及 P_{660} 。 P_{735} 吸收紅外光轉變為 P_{660} ； P_{660} 吸收紅光轉變為 P_{735} 。又由上述結果知： P_{735} 量的增加可促進上部細胞的萎縮（也就是說促進上部細胞乙醯胆胺的合成）。而 P_{735} 與 P_{660} 兩者對乙醯胆胺的分解皆無作用。

P_{735} 與 P_{660} 在細胞中一天的變化如下圖：



〔討論〕：

(一)細胞的膨壓與 k^+ 濃度成正比，但細胞壁是硬的，故當 k^+ 不斷進入細胞中而使細胞的膨壓達最大限時，細胞乃停止膨脹，也就是說： k^+ 雖然仍不斷的進入細胞（主動運輸），也仍不見細胞膨脹。反之， k^+ 若轉運至細胞外，使膨壓降低至某一程度時，如仍繼續向外輸出，亦不見細胞萎縮。如下圖：



(二)雪豆開始睡眠或覺醒，需在上下細胞的膨壓差達一定比例時才可顯現。因此在上部細胞 k^+ 輸出（下部細胞輸入）至達一限度時，乃呈覺醒狀態；反之，上部細胞 k^+ 輸入（下部細胞 k^+ 輸出）至某一限度時，方呈睡眠狀態。

〔 k^+ 的影響〕：

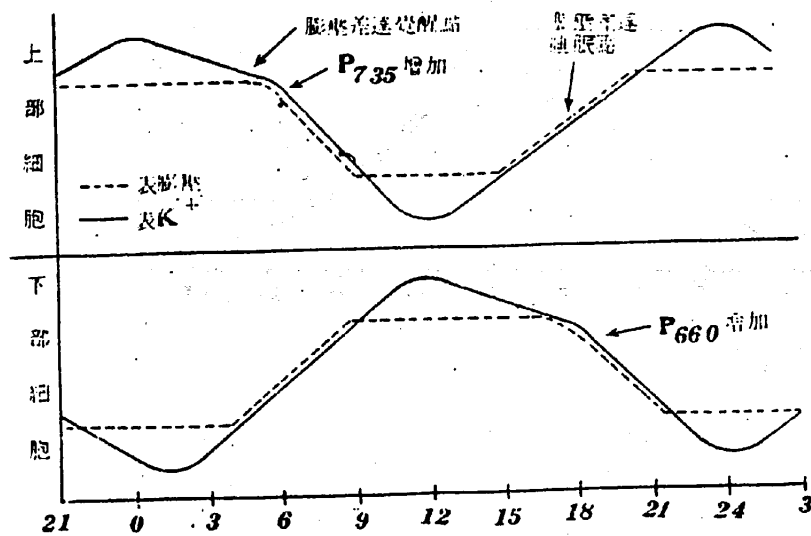
將 1% KCl 溶液滴於葉枕徒手切片上，20 分鐘後觀察葉枕大小之改變。結果如下表：

		6 時	12 時	18 時	0 時	NaCl 1% (8時)				
		實驗組	對照組	實驗組	對照組					
處理前	上	82	85	70	75	65	68	85	78	86
	下	103	101	85	105	96	96	88	82	93
處理後	上	82	84	70	75	70	68	85	78	86
	下	105	102	85	105	95	93	88	82	93

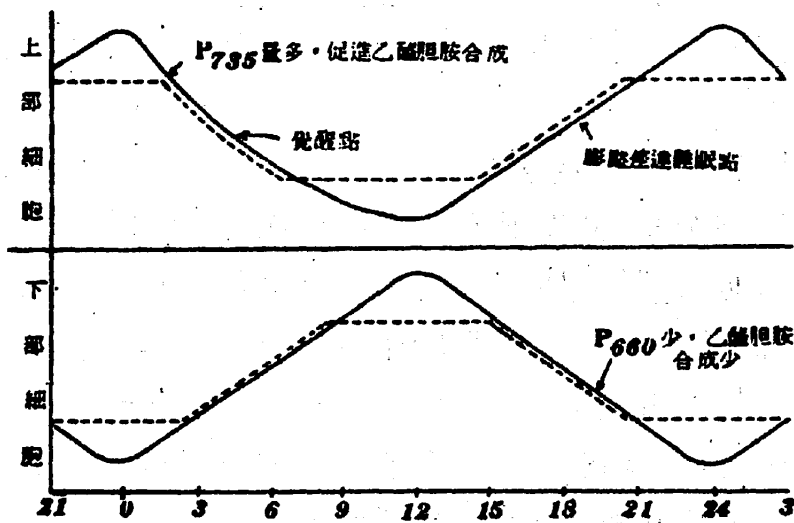
由此實驗知： k^+ 在細胞外，可促進膨脹速率而延緩萎縮。水及 NaCl 溶液則無此作用，故可間接證明進出細胞影響膨脹的物質為 k^+ [假設的驗證]：

(一) 6—18時照光(春、秋)：

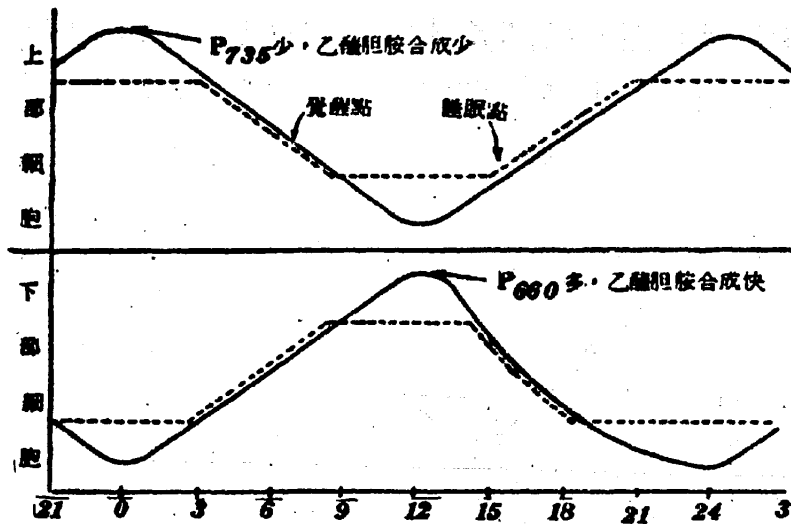
0時，上部細胞中 k^+ 濃度最高，乙醯胆胺乃開始合成， k^+ 漸向外移動；下部細胞 k^+ 達最低點，乙醯胆胺乃開始分解， k^+ 向細胞內輸入；過了一段時間後，上部細胞開始萎縮，下部細胞則開始膨脹，植物乃呈覺醒狀態。6時日出， P_{735} 突增，促進上部細胞乙醯胆胺的合成， k^+ 加速向外擴散，使萎縮速率增快，覺醒時間縮短而呈全醒狀態。至12時，上部細胞 k^+ 達最低點，乙醯胆胺開始分解， k^+ 向內輸入，膨壓漸增；下部細胞 k^+ 達最高點，乙醯胆胺開始合成， k^+ 向外輸出膨壓漸減。至其膨壓差達某一程度後，開始呈睡眠狀態，至18時日落， P_{660} 突增，促進下部細胞乙醯胆胺的合成， k^+ 加速輸出，膨壓急速下降，植物即呈睡眠狀態。圖示如下：



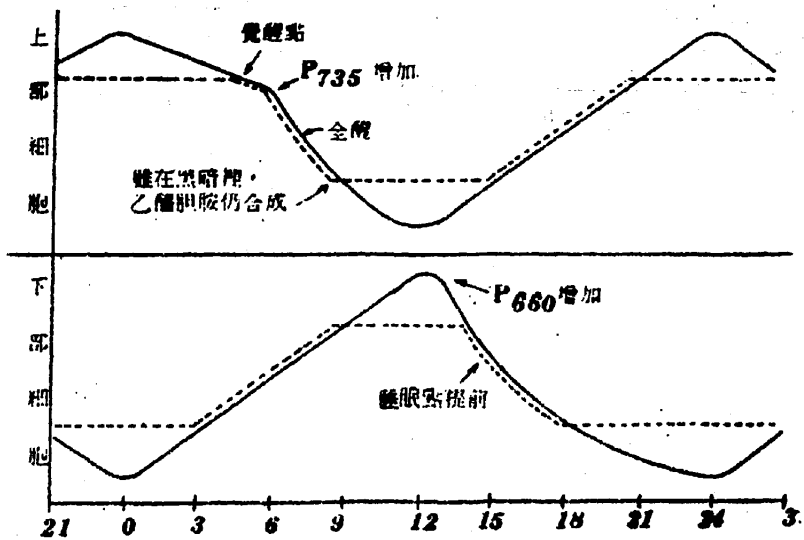
(二) 全日光照：



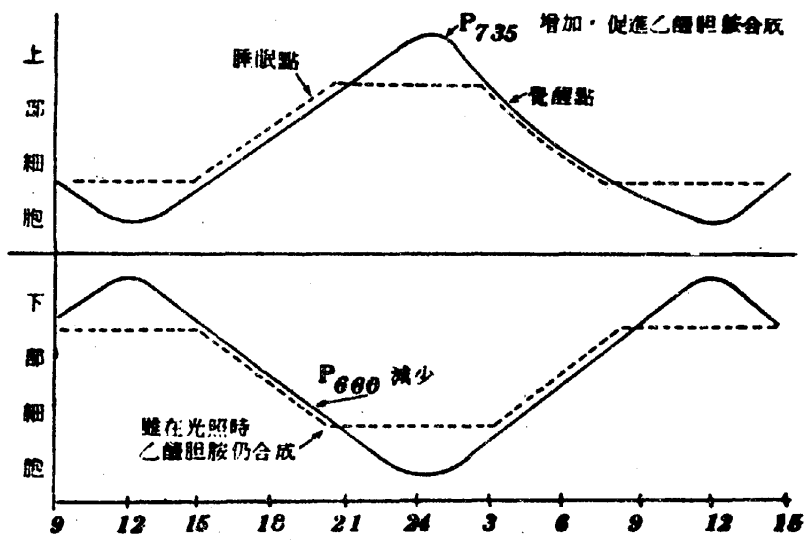
(三) 全日黑暗：



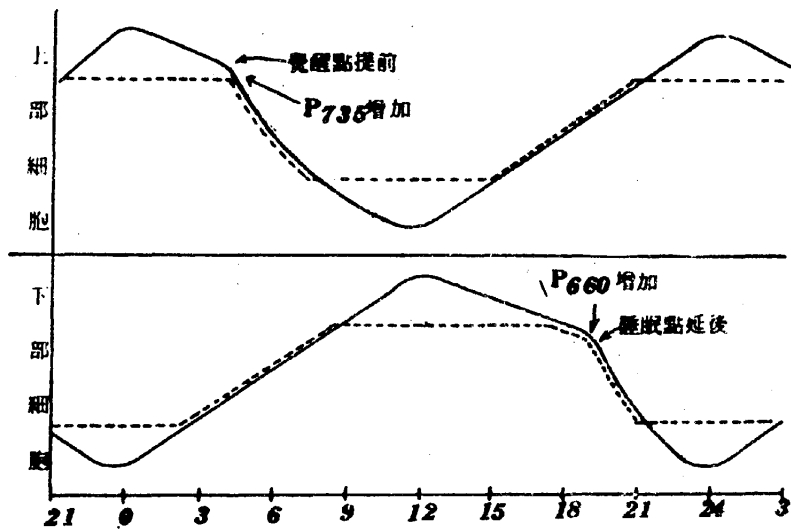
(四) 6—8 時照光。



(五) 20時提前照光。



(六) 5—19時照光——夏：



(七) 7—17時照光——冬：

