

採收後預冷處理對毛豆莢色澤之影響¹

賴榮茂、黃明得²

摘 要

毛豆莢果色澤決定外觀商品品質之優劣。為防止毛豆莢果變黃，有待利用預冷處理方法，來確保毛豆莢之翠綠色澤。本試驗採用不同之預冷方法處理高雄選 1 號、205、綠光等毛豆品種，以探討其對毛豆色澤之影響，以期能找出最佳之預冷方法，供農友採行。由一年二期作試驗之結果顯示，未經預冷處理之毛豆，其莢果極易黃變，且亮度之降低較少。經噴水及浸水預冷降低黃變之效果較差，其莢果經 7 小時之處理後，黃變程度會稍增。採用 5 C 冰水、15 C 冷水及冷藏處理者，莢果色澤不會變黃，亮度會顯著降低，能減緩莢果變黃，防止莢果黃變之效果最佳，因此在經濟上，毛豆預冷當以 15 C 冷水預冷處理最優。

關鍵詞：毛豆、預冷處理、品質

前 言

毛豆是大豆莢果未完全成熟前（約為 R₆ 期），收穫豆莢作為蔬菜用之一種作物。由於毛豆仁之營養成份高、風味佳，甚受消費者之喜愛，故栽培面積日增，逾今約達一萬餘公頃，產地以高屏地區為主，所生產之毛豆除少量內銷外，大部份之毛豆莢則經冷凍加工後外銷日本，是本省現今外銷日本最主要之農作物之一（Shanmugasundaram et al., 1991）。因此，毛豆之改進工作，除了改良其單位面積產量外，對以外銷日本為導向之毛豆而言，品質之改進尤屬重要（Tsou and Hung, 1991）。

在外銷毛豆品質方面，合格之毛豆莢除了每莢至少含二粒種子、莢長 4.5 公分以上，莢寬 1.3 公分以上、莢果茸毛為白色、每 500 公克含 175 合格莢數外，莢果之色澤必須是翠綠色且無其它斑點才可外銷（黃及陳，1989），故品質中以莢果外觀色澤為最重要（鄒，1990；Masuda, 1991；Tsou and Hung, 1991）。惟毛豆莢果（R₆）因生理上極近 R₇ 之成熟期，莢果本已極易黃變（Wilson, 1987），若在收穫後，尤其是在脫莢後至進廠冷凍處理前之高溫情況下，未能妥為處理，使莢果之黃變延緩，則不僅莢果易發生變黃，且毛豆仁中之 Ascorbic acid 含量也會隨之急速降低（Masuda, 1991），而導致毛豆外觀及食用品質之降低。在本省現今之主要毛豆栽培品種中，以高雄選 1 號

1. 本計畫蒙行政院農業委員會（81農建-12.2-輔-15）補助試驗經費，謹此致謝。

2. 台灣省高雄區農業改良場助理及研究員。

之莢果較綠光、205容易黃變。此種毛豆莢果黃變度隨採收期之延遲而提高，而帶株收穫者，其莢果也較不帶株收穫者容易變黃。此外，採收時間也影響毛豆莢黃化程度，其中白天採收者，黃化程度較夜間採收者顯著為高。因此毛豆帶株收穫後，宜早處理，否則儲存時間超過3小時以上，莢果容易變黃而降低品質，影響商品價值（黃、陳，1989）。

由上述前人研究知，毛豆莢色品質極易受品種、收穫方法、青儲環境（Tsay and Shou, 1991; Chiba, 1991）等之影響而變化，因此如何在毛豆莢果採收後，施與簡單易行之處理，來確保毛豆莢果之翠綠色澤，防止收後之莢果在集貨、運輸、進廠處理前發生黃變，乃是提高外銷毛豆品質之重要措施。因此，本試驗之目的旨在探討不同之預冷方法對防止毛豆莢果黃變之效果，以期能找出最有效且最經濟之毛豆預冷處理方法，提供豆農應用之參考，以達確保毛豆之優良品質，增強外銷競爭力之目的。

材料與方法

本試驗以高雄選1號、205、綠光等3品種之毛豆參試。田間試驗採逢機完全區集設計，試驗處理為6種預冷方法，四重複，每小區種植10行，行長5公尺，分別於80秋作及81年春作於屏東市本場進行。行株距，春作為40×15公分，秋作30×15公分，每穴播種3粒。

預冷處理方法分為A：噴水，每隔30分鐘以水噴灑裝袋之豆莢1次；B：浸水，將裝袋之毛豆莢浸於水中，並不時翻動；C：浸冷水，將裝袋之毛豆莢浸於5℃水中，並不時翻動；D：浸冷水，將裝袋之毛豆莢浸於15℃水中，並不時翻動；E：冷藏，將裝袋之毛豆莢置於冷藏庫中；F：對照，將收穫之毛豆莢堆積置於田間（一般農家慣行法）。在毛豆生育期間除進行重要植株及農藝特性調查外，於莢果成熟時（R₆），立即於田間割取豆株，除供考種（考種項目為株高、分株數、每500公克之合格莢果數、合格莢產量等）用之調查株（10株）外，每小區之毛豆則採摘大小合於外銷規格之豆莢，並分別置入綠色尼龍網袋中，供預冷處理試驗之用。經上述處理之莢果，其色澤則以Nippon Denshoku DP 1000色澤計測定，每小區每處理每小時分別取樣5合格莢果，測定莢果之a、b、L值，並以下列公式計算各處理莢果黃變程度：

$$\text{黃變程度 (Yellow degree, YD)} = \text{Tan}^{-1} \left(\frac{b}{|a|} \right)$$

結果與討論

80年秋作及81年春作試驗結果如表1至表5所示。由表1知無論是秋作或春作，毛豆合格莢產量以高雄選1號為最高（7199及6141公斤/公頃），綠光最低（6515及5064公斤/公頃）。每500公克之合格莢數則以205最多、高雄選1號次之、綠光最少。分支數則秋作以205之1.9及春作以綠光1.7分枝為最多。

表 1. 供試毛豆品種之主要農藝性狀

品 種	80 年 秋 作					81 年 春 作				
	株 高 (公分)	分枝數 (支)	500公克 合格莢 莢 數	合格莢 產 量 (kg/ha)	收穫時 莢果黃 變程度	株 高 (公分)	分枝數 (支)	500公克 合格莢 莢 數	合格莢 產 量 (kg/ha)	收穫時 莢果黃 變程度
高雄選 1 號	35.8 a	1.8 a	166 a	7199 a	66.9 a	23.7 a	0.3 a	151 a	6141 a	68.3 a
205	36.3 a	1.9 a	185 b	7030 a	65.7 b	26.4 a	0.4 a	176 b	5641 b	65.8 b
綠 光	35.3 a	1.6 a	153 a	6515 b	64.9 b	27.9 a	1.7 b	155 a	5064 c	64.9 b

註：表中直列數值之字母不同者，表示其差異達多變域測驗 5 % 之顯著水準。

毛豆莢果色澤為最重要之外觀性狀 (Watanabe及Nagasawa,1990 ; Shanmugasundaram, 1991) 。在本試驗中也發現毛豆品種間莢果色澤也有極大之差異，高雄選 1 號、205、綠光之平均黃變程度 (由表 2 及表 3 第 0 小時各處理平均值估算)，秋作分別為 66.9、65.7、64.9；春作分別為 68.3、65.8、64.9，其中以高雄選 1 號之莢果黃變程度最高，也即莢果較黃，不似綠光及 205 莢果之翠綠。也即表示綠光產量雖然不高但是莢果色澤最翠綠，外觀品質最優；高雄選 1 號產量雖最高，但莢色較黃，外觀品質較差，而 205 之產量及莢色則介於前述二者之間。因此，目前栽培面積最多、產量最高之高雄選 1 號其莢果在成熟收穫時 (R_6)，其色澤較黃，綠光之莢果最綠之說法也在本試驗中再度被證實，因此也再度顯現防止高雄選 1 號莢果品質黃變工作之重要性。

由色澤計所測得之 a、b 值利用 $\tan^{-1} (b/|a|)$ 求出其角度，夾角愈大表示愈趨近黃色，反之則愈趨近於綠色，以估算莢果色澤變化 (黃變程度) (表 2)，80 年秋作結果顯示未經任何預冷處理 (F、對照) 之毛豆莢極易變黃，尤其以高雄選 1 號莢果最為嚴重，其莢果若未經預冷處理，7 小時後則黃變程度由剛收穫之 66.6 度，增至 68.4 度，增加率高達 2.70%。205 及綠光情形稍佳，其黃變程度雖仍較高雄選 1 號低，但經 7 小時後之黃變程度仍分別增加 3.20 及 2.20%。每 30 分鐘噴水一次 (處理 A) 及將毛豆莢浸在水中 (處理 B) 之預冷處理雖可減輕莢果黃變程度，但是 7 小時後莢果也會稍微變黃，黃變程度之增加率在高雄選 1 號為 +1.81 及 +1.05%；205 為 +2.62 及 +1.98%；綠光為 +1.69 及 0.46%。莢果收穫後浸入 5 C 冰水 (處理 C)、15 C 之冷水中 (處理 D) 及將毛豆莢置入冷藏庫中 (處理 E) 之減少莢果變黃之效果最佳，在收穫後 7 小時莢果仍不會變黃，即黃變程度在收穫時與收後 7 小時間之差異不大，似乎可利用此三種預冷處理中之一種方法，來減緩毛豆莢之黃變，確保秋作毛豆莢之翠綠色澤。

表 2. 80年秋作毛豆品種經預冷處理後莢果黃變程度之變化

處理	高雄選 1 號			205			綠 光		
	0小時	7小時	變化率(%)	0小時	7小時	變化率(%)	0小時	7小時	變化率(%)
A	66.4	67.6	+ 1.81	64.9	66.6	+ 2.62	65.0	66.1	+ 1.69
B	66.7	67.4	+ 1.05	65.5	66.8	+ 1.98	64.9	65.2	+ 0.46
C	67.6	66.2	- 2.07	66.2	65.3	- 1.36	65.0	64.1	- 1.38
D	67.1	66.0	- 1.64	65.8	64.7	- 1.67	64.4	64.1	- 0.47
E	66.9	66.4	- 0.75	66.2	66.6	+ 0.60	65.5	64.5	- 1.53
F	66.6	68.4	+ 2.70	65.6	67.7	+ 3.20	64.3	65.6	+ 2.02
LSD 0.05	1.2			1.7			1.1		

81年春作試驗結果，與秋作者相近（表 2），一般言之，春作莢果黃變程度較秋作者為高，尤其是高雄選 1 號，差異更明顯，205及綠光則二期作間異較小。預冷降低莢果黃變之效果，以 C（5 C 冷水預冷）、D（15 C 冷水預冷）、E（冷藏）處理最優，三處理間之差異不顯著，意即預冷處理經 7 小時仍不會有莢果黃變情形發生，而噴灑冷水（A 處理）及浸水處理（B 處理）者，雖然在 7 小時後與 0 小時之對照差異不大，但仍有黃變增加之情形發生，因此此等預冷之方法並非理想。至於無預冷處理之對照區，在春作之高溫環境下，經 7 小時之日曬，黃變情形極為嚴重，高雄選 1 號由 66.6 增至 68.4 度；205 由 65.6 增至 67.7 度；綠光由 64.3 增至 65.6 度。

表 3. 81年春作毛豆品種經預冷處理後莢果黃變程度之變化

處理	高雄選 1 號			205			綠 光		
	0小時	7小時	變化率(%)	0小時	7小時	變化率(%)	0小時	7小時	變化率(%)
A	67.5	68.9	+ 2.07	65.9	66.9	+ 1.51	65.1	66.3	+ 1.84
B	67.9	68.5	+ 0.88	65.5	66.8	+ 1.98	64.6	65.8	+ 1.86
C	68.8	67.6	- 1.74	66.2	65.3	- 1.36	65.0	64.1	- 1.38
D	68.9	67.7	- 1.74	65.7	65.1	- 0.91	64.4	64.1	- 0.47
E	68.9	68.2	- 1.02	66.2	66.6	+ 0.60	64.6	65.1	+ 0.77
F	67.6	69.9	+ 3.40	65.1	67.2	+ 3.23	65.5	67.3	+ 2.75
LSD 0.05	1.3			1.4			1.2		

在莢果亮度方面，L值愈大表示愈明亮，而L值愈小則愈暗。在本試驗中，由未開始預冷處理時之平均亮度，知毛豆莢之亮度，在品種及期作間有差異存在。秋作之毛豆莢果亮度較春作者為高。品種方面，春及秋作之亮度皆以高雄選1號較為明亮（50.48及48.80），而秋作之205（47.70）及春作之綠光（46.88），其亮度最低（表4、表5）。

在亮度變化方面，無論有無預冷處理，其莢果亮度經7小時後皆有降低之趨勢（表4），但處理前後亮度顯著降低之處理為浸水(B)、浸冰水(C)、浸冷水(D)之預冷處理，其亮度降低率最高，且三種處理間之差異不顯著。噴水（A處理）者其亮度變化較少，與對照處理無顯著差異。經冷藏預冷處理者雖也會降低莢果亮度，但其降低之幅度在春作與噴水處理者相近；但高於秋作者。品種方面，秋作之高雄選1號、205、綠光，分別降低亮度8.92—14.35%、7.01—11.83%、7.06—9.26%；春作分別降低13.99—16.82%、9.37—14.53%、6.02—10.22%。

由本年試驗結果知不論是秋作或是春作，毛豆品種間莢果色澤有甚大之差異，高雄選1號之莢果較黃，且也較易黃化，綠光則莢果較為翠綠。此等品種若未經預冷處理，則莢果極易變黃，黃變程度秋作可顯著增加2.02—3.20%；春作可增加2.75—3.40%，以致使莢果外觀品質降低。此種莢果黃變之原因，可能是莢果發育至R₆，已近完全成熟之R₈期，故莢果黃化較快（Wilson, 1987）。在高雄選1號方面，也因R₆至R₈期間過短，以致較其他品種容易黃變（黃及陳，1989；Shanmugasundaram等，1991），因此維持高雄選1號色澤之翠綠，以確保品質極為重要。

表4. 80年秋作毛豆品種經預冷處理後莢果亮度之變化

處理	高雄選1號			205			綠光		
	0小時	7小時	變化率(%)	0小時	7小時	變化率(%)	0小時	7小時	變化率(%)
A	50.40	49.26	- 2.26	46.42	46.86	+ 0.01	49.68	47.59	- 4.39
B	49.24	44.85	- 8.92	47.48	44.15	- 7.01	49.24	45.76	- 7.06
C	51.14	43.80	- 14.35	47.52	41.90	- 11.83	49.59	45.00	- 9.26
D	50.26	43.64	- 13.17	48.43	43.88	- 9.40	49.29	45.64	- 7.41
E	51.14	46.74	- 8.60	48.06	45.65	- 5.01	49.18	46.69	- 5.06
F	50.75	49.36	- 2.74	48.25	47.30	- 1.97	49.94	47.91	- 4.06
平均	50.48			47.70			49.49		
LSD 0.05	2.13			2.04			1.25		

表 5. 81年春作毛豆品種經預冷處理後莢果亮度之變化

處理	高雄選 1 號			205			綠 光		
	0小時	7小時	變化率(%)	0小時	7小時	變化率(%)	0小時	7小時	變化率(%)
A	48.84	44.71	- 8.46	47.32	44.17	- 6.66	47.41	46.35	- 2.24
B	48.49	41.28	- 14.87	48.31	41.29	- 14.53	47.36	42.52	- 10.22
C	48.64	40.46	- 16.82	46.52	41.60	- 10.58	46.61	42.54	- 8.73
D	48.45	41.67	- 13.99	46.76	42.38	- 9.37	46.37	43.58	- 6.02
E	48.89	44.69	- 8.59	47.15	44.03	- 6.62	46.46	45.41	- 2.26
F	49.47	46.87	- 5.26	48.13	46.83	- 2.70	47.09	46.90	- 0.01
平均	48.80			47.37			46.88		
LSD 0.05	1.32			1.77			1.29		

毛豆色澤之劣化，與溫度及濕度之關係極為密切。Chiba (1991) 認為毛豆莢色為最重要之分級標準，惟有翠綠之莢果才有商品價值。其也發現收穫後之莢果，如未經預冷處理，或未儲藏於低溫環境，則黃色度（以 $L \times b / |a|$ 估算）會顯著提高，且豆仁中之糖份會隨外界溫度之增高而減低，因此其認為在毛豆操作處理時，宜盡可能在低溫情況下進行，故主張採用氣冷（air-cooling）或真空冷卻（vacuum-cooling）來防止黃變。此外，其也指出此種莢果變黃程度隨外界濕度之減少而提高，高濕度有助於減低莢黃變。在本試驗中也發現，在冷藏庫中預冷之處理(E)效果不如浸水之處理(B、C、D)，此可能與冷藏處理之濕度較低有關，使防止莢果黃變之效果降低。

在本試驗中發現減緩黃變發生之預冷法以浸於 5 C 之處理最優，而其減緩黃變之效果與浸於 15 C 之處理，差異不明顯，故為節省能源起見，預冷處理當以浸於 15 C 之處理為最優。至於浸於一般之冷水處理(B)，雖也有減緩黃變之效果，但仍會有黃變發生，因此仍非最理想之預冷方法，但在無能源地區，採用此法也屬可行。在莢果亮度方面，浸水之各種預冷處理（B、C、D），其莢果亮度會減低，而浸水少(A)或無浸水之處理（E、F）則亮度減少較少，也即亮度之變化與莢果所處之外界濕度環境有極大之關係。

由於許多研究者發現毛豆莢果黃變時，其種仁內之品質也隨之劣變。在未預冷之高溫下，糖分、游離氨基酸（如alanine、glutamic acid）含量會極速減低（鄒，1990；Tsou,及Hung, 1991；Chiba, 1991），且維生素C之含量也急速減少(Masuda, 1991; Tsay 及 Sheu, 1991)，因此有賴預冷處理，一方面確保毛豆莢外觀之鮮綠，一方面也能確保優良之食用品質及風味，而影響此種毛豆種仁品質之研究也有待加強。

亞洲蔬菜研究發展中心，對毛豆莢果品質之研究最多，成果也最豐，其在莢果之色澤測定上採標準色板來分級，其色板分為 6 級（1-6級），級與級間尚分中間級（表

6)，以利快速分級作業。本試驗以黃變程度表示色澤，其與色板之關係如表 6 所示。根據亞蔬中心之標準，在 3.5-4 級以下，莢色已呈黃化，品質較差。依此標準，在本試驗中，高雄選 1 號及 205 之莢色，應屬較差之等級，而綠光色澤則屬較優等級。經冷水預冷之處理後之 205 及綠光也能符合合格標準，而原本較易黃化之高雄選 1 號品種，因莢果易黃變屬品種特性，故預冷後色澤仍在 4-4.5 級。

表 6. 毛豆色澤之分級

標準色板級數	黃變程度
1.0	59.1
2.0	60.5
2.5	61.7
3.0	63.8
3.5	63.5
4.0	65.0
4.5	66.0
5.0	67.6
5.5	70.7
6.0	72.9

結 論

毛豆為本省現今最重要之輸日產業，其對品質之要求也較為嚴格，其中以莢果外觀品質最為重要。毛豆莢果需要鮮綠色才有商品價值，而在本省毛豆生產期間較集中且收穫量大，冷凍工廠之處理量有限，無法快速大量處理毛豆情況下，一般豆農早上收穫毛豆後僅能堆置於田間，待運時間快者 6 小時，慢者達 12 小時，此種堆積及光照之高溫常使莢果色澤黃變，影響商品品質極鉅。因此如何在加工處理過程中確保莢果翠綠而不致發生黃變，乃是一個值得重視之課題。

本試驗中發現以 5、15℃ 低溫之浸水預冷處理，可以有效減緩毛豆莢果黃變，確保莢果外觀之鮮綠色澤，因此基於能源節約使用之考慮，以 15℃ 預冷處理毛豆之方法，似可推薦給農友採用，以達成確保毛豆品質之目的。

引用文獻

1. 齋藤正隆・1981・グイズの品種生態・PP・105-119・スメ類編・農山漁村文化協會・東京，日本。
2. 黃明得、陳旭雲・1989・毛豆採收處理對莢果黃變之影響・高雄區農業改良場研究

3. 鄒旻生 · 1990 · 提高外銷冷凍毛豆莢果品質之研究 · 78農建-7.1-糧-48(19)計畫結束報告。
4. Chiba, Y. 1991. Postharvest processing, marketing and quality degradation of vegetable soybean in Japan. pp. 108-112. In S. Shanmugasundaram (ed.) Vegetable soybean research needs for production and quality improvement. Proceedings of a workshop held at Kenting, Taiwan, ROC, 29 April - 2 May, May, 1991. Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Tainan, Tainan, ROC.
5. Masuda, R. 1991. Quality requirement and improvement of vegetable soybean. pp. 92-102. In S. Shanmugasundaram (ed.) Vegetable soybean research needs for production and quality improvement. Proceedings of a workshop held at Kenting, Taiwan, ROC, 29 April - 2 May, 1991. Asian vegetable Research and Development Center, Shanhua, Tainan, Taiwan, ROC.
6. Shanmugasundaram, S., S. C. Cheng, M. T. Huang, and M. R. Yan. 1991 Varietal improvement of vegetable soybean in Taiwan. pp. 30-42. Ibid.
7. Tsay, L. M., and S. C. Sheu. 1991. Studies on the effects of cold storage and precooling on the quality of vegetable soybean. pp. 113-119. Ibid.
8. Tsou, S. C. S., and T. L. Hung. 1991. Research on vegetable soybean quality in Taiwan. pp. 103-107. Ibid.
9. Watanabe, I., and Nagasawa, T. 1990. Appearance and chemical composition of soybean seeds in germplasm collection of Japan. *J. Crop Sci.* 59(4):661-666.
10. Wilson, R. F. 1987. Seed metabolism. pp. 643-686. In J. R. Wilcox (ed.) *Soybeans : improvement, production, and uses*. 2nd Ed. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA.