採收後毛豆預冷之研究

黃 明 得

台東區農業改良場場長

摘 要

毛豆莢之色澤是決定其商品價值之重要要因素。採收後之毛豆莢極易快速黃化，因此有待研究預冷處理方法對不同毛豆莢減緩黃化之方法，以確保毛豆莢之翠綠色澤。試驗之預冷處理有噴水、浸地下水、浸15℃冷水、浸5℃冰水、置於冷藏庫中冷卻、以及對照等5種；供試之品種則有高雄選1號、205、綠光等。由試驗結果顯示未經預冷處理之毛豆，其莢果極易黃化，且亮度之變化較少。經噴水及浸地下水之處理者，其降低毛豆莢黃化之效果較差，莢果經7小時後，黃化程度就會明顯提高。而浸5℃冰水、浸15℃冷水及冷藏處理者，採收後7小時後之莢果色澤不易變黃，亮度之變化較顯著，防止毛豆莢果黃化之效果最佳。因此，在實用及經濟上，減緩毛豆莢黃化之預冷當以浸15℃冷水之處理爲最優。

關鍵字：毛豆、預冷

前 言

毛豆是大豆莢果在尚未完全成熟前(約爲R6期)，收穫豆莢作爲蔬菜用之一種作物。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，迄今約達一萬餘公頃，產地以高屏地區爲主。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[6]。因此，毛豆之改進工作，除了提高其單位面積產量外，對以外銷日本爲導向之毛豆而言，品質之提昇尤屬重要[8]。

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、莢果茸毛爲白色、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[2]，故品質中以莢果外觀色澤爲最重要[3,5,8]。惟毛豆莢果(R6)因生理上極近R8之成熟期，莢果本已極易黃化[10]，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，若未能妥爲處理，使莢果之黃化延緩，則不僅莢果易變黃，且毛豆仁中之維生素C(Ascorbic acid)含量也會隨之急速降低[5]，而導致毛豆外觀及食用品質之變劣。本省之毛豆栽培品種中，以高雄選1號之莢果較綠光、205容易黃化。此種毛豆莢果黃化程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爲高。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(2)。

由上述之前人研究知，毛豆莢之色澤極易受品種、收穫方法、儲放環境(4,7)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，防止採收後之莢果在集貨、運輸、進廠處理前發生黃化，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化效果之優劣，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，增強外銷之競爭力。

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，試驗處理爲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，春作爲40×15公分，秋作30×15公分，每穴播種3粒，成株後則間拔成單株。

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(考種項目爲株高、分枝數、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。

預冷處理有噴水、浸地下水、浸5℃冰水、浸15℃冷水、置於冷藏庫中冷卻、以及對照等6種。噴水處理者(處理A)，每隔30分鐘以水，噴洒裝袋之豆莢1次；浸地下水處理者(處理B)，則是將裝袋之毛豆莢浸於水中，並不時打入空氣翻動；浸5℃冰水之處理(處理C)，則是將裝袋之毛豆莢浸於5℃之冰水中，並不時打入空氣翻動；浸15℃冷水者(處理D)，將裝袋之毛豆莢浸於15℃水中，並不時打入空氣翻動；置於冷藏庫中冷卻者(處理E)，則是將收穫之毛豆莢裝袋後置於冷藏庫中；對照(處理F)，是仿效一般農家慣行方法，將收穫之毛豆莢堆積置於田間。

經上述預冷處理之莢果，其莢果色澤則以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化程度：

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

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，毛豆合格莢果產量以高雄選1號爲最高(7199及6141公斤/公頃)，綠光最低(6515及5064公斤/公頃)。每

500公克之合格莢果數則以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。

毛豆莢果色澤為最重要之外觀品質性狀[6,9]。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、綠光之平均黃化程度(由表2及表3第0小時各處理平均值估算)，秋作分別為6.9、65.7、64.9; 春作分別為68.3、65.8、64.9，其中以高雄選1號之莢果黃化程度最高，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，產量較高之高雄選1號其莢果在成熟收穫時(R6)，其色澤較黃，而綠光之莢果最綠之說法也在本試驗中再度被證實，因此也再度凸顯防止高雄選1號莢果品質黃化工作之重要性。

表 1. 供試毛豆品種之主要性狀及黃化程度

Table 1. Characteristics and yellow degree of vegetable soybean varieties.

	秋作(Fall crop)					春作(Spring crop)				
品種 Variety	株高(cm) Plant Height	分枝數 Number of Branch	合格莢數(個/500g) No. of Grade Pods	產量(Kg/ha) Yield	黃化程度 Yellow Degree	株高(cm) Plant Height	分枝數 Number of Branch	合格莢數(個/500g) No. of Grade Pods	產量(Kg/ha) yield	黃化程度 Yellow Degree
高雄選一號	35. 8a	1. 8a	166a	7199a	66. 9a	23. 7a	0. 3a	151a	6141a	68. 3a
205	36. 3a	1. 9a	185a	7030a	65. 7b	26. 4a	0. 4a	176b	5641b	65. 8b
綠光	35. 3a	1. 6a	153a	6515b	64. 9b	27. 9a	1. 7b	155a	5064c	64. 9b

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。

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(黃化程度)(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小時後則黃化程度由剛收穫之66.6度，增至68.4度，增加率高達2.70%。205及綠光情形稍佳，其黃化程度雖仍較高雄選1號低，但經7小時後之黃化程度仍分別增加3.20及2.02%。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化程度，但是7小時後莢果也會稍微變黃，黃化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℃冰水(處理C)、15℃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，即黃化程度在收穫時與收穫後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，

來減輕毛豆莢之黃化，確保秋作毛豆莢之翠綠色澤。

春作試驗結果，與秋作者相近(表 2)，一般言之，春作莢果黃化程度較秋作者爲高，尤其是高雄選1號，差異更明顯，205及綠光則二期作間差異較小。預冷降低莢果黃化之效果，以C (5℃冷水預冷)、D (15℃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化情形發生，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，但仍有黃化增加之情形發生，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，黃化情形極爲嚴重，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 2. 數種秋作毛豆預冷處理後莢果黃化程度之變化

Table 2. Changes of yellow degree after precooling treatment for vegetbale soybean pods in fall crop.

預冷處理	高雄選一號 Kaohsiung Selection			205			綠光 Ryuko		
Treatment	0小時 0hr	7小時 7hr	變化率 chang rate	0小時 0hr	7小時 7hr	變化率 chang rate	0小時 0hr	7小時 7hr	變化率 chang rate
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
平均	66.9			65.7			65.7		
LSD (5%)	1.2			1.7			1.1		

註：預冷處理A爲每隔30分鐘噴水1次；處理B爲將裝袋之毛豆莢浸於地水中，並不時打入空氣翻動；處理C是將裝袋之毛豆莢浸於5℃ 之冰水中，並不時打入空氣翻動；處理D是將裝袋之毛豆莢浸於15℃水中，並不時打入空氣翻動；處理E則是將收穫之毛豆莢裝袋後置於冷藏庫中；處理F爲對照，仿效一般農家慣行方法，將收穫之毛豆莢堆積置於田間。

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爲高。品種方面，春及秋作之亮度皆以高雄選1號較爲明亮(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爲浸水(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%。此種因預冷處理後亮度降低之原因可能是因爲處理後莢果上含水份之緣故。

表 3. 數種春作毛豆經預冷處理後莢果黃化程度之變化

Table 3. Changes of yellow degree after precooling treatment for vegetbale soybean pods in spring crop.

預冷處理	高雄選一號 Kaohsiung Selection 1			205			綠光 Ryuko		
Treatment	0小時 0hr	7小時 7hr	變化率 chang rate	0小時 0hr	7小時 7hr	變化率 chang rate	0小時 0hr	7小時 7hr	變化率 chang rate
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
平均	68.3			65.8			64.9		
LSD (5%)	1.3			1.4			1.2		

註：預冷處理代號同表2。

表 4. 數種秋作毛豆經預冷處理後莢果亮度之變化

Table 4. Changes of pod brightness after precooling treatment of vagetable soybean in the fall crop.

預冷處理	高雄選一號 Kaohsiung Selection 1			205			綠光 Ryuko		
Treatment	0小時 0hr	7小時 7hr	變化率 chang rate	0小時 0hr	7小時 7hr	變化率 chang rate	0小時 0hr	7小時 7hr	變化率 chang rate
A	50.4	49.3	-2.26	46.4	46.9	+0.01	49.7	47.6	-4.39
B	49.2	44.9	-8.92	47.5	44.2	-7.01	49.2	45.8	-7.06
C	51.1	43.8	-14.35	47.5	41.9	-11.83	49.6	45.0	-9.26
D	50.3	43.6	-13.17	48.4	43.9	-9.40	49.3	45.6	-7.41
E	51.1	46.7	-8.60	48.1	45.7	-5.01	49.2	46.7	-5.06
F	50.8	49.4	-2.74	48.3	47.3	-1.97	49.9	47.9	-4.06
平均	50.5			47.7			49.5		
LSD (5%)	2.1	2.0		1.3					

註：預冷處理代號同表2。

由試驗結果知，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，綠光則莢果較爲翠綠。此等品種若未經預冷處理，則莢果極易變黃，黃化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。此種莢果黃化之原因，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[10]。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化[2,6]，因此維持高雄選1號色澤之翠綠，以確保品質極爲重要。

毛豆色澤之劣化，與溫度及濕度之關係極爲密切。Chiba[4]認爲毛豆莢果之色澤爲最重要之分級標準，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 x b/lal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，因此其認爲在毛豆操作處理時，宜盡可能在低溫情況下進行，故主張採用氣冷(air-cooling)或眞空冷卻(vacuum-cooling)來防止黃化。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果黃化。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，使防止莢果黃化之效果降低。

表5. 數種春作毛豆經預冷處理後莢果亮度之變化

Table 5. Changes of pod brightness after precooling treatment of vagetable soybean in the spring crop.

預冷處理	高雄選一號 Kaohsiung Selection 1			205			綠光 Ryuko		
Treatment	0小時 0hr	7小時 7hr	變化率 chang rate	0小時 0hr	7小時 7hr	變化率 chang rate	0小時 0hr	7小時 7hr	變化率 chang rate
A	48.8	44.7	-8.46	47.3	44.2	-6.66	49.7	46.4	-2.24
B	48.5	41.3	-14.87	48.3	41.3	-14.53	49.2	42.5	-10.22
C	48.6	40.5	-16.82	46.5	41.6	-10.58	49.6	42.5	-8.73
D	48.5	41.7	-13.99	46.8	42.4	-9.37	49.3	43.6	-6.02
E	48.9	44.7	-8.59	47.2	44.0	-6.62	49.2	45.4	-2.26
F	49.5	46.9	-5.26	48.1	46.8	-2.70	49.9	46.9	-0.01
平均	48.8			47.4			46.9		
LSD (5%)	1.3			1.8			1.3		

註：預冷處理代號同表2。

在本試驗中發現預冷減緩黃化發生之預冷法以浸於5℃之處理最優，而其減緩黃化之效果與浸於15℃之處理，差異不明顯，故爲節省能源起見，預冷處理當以浸於15℃之處理爲最

優。至於浸於一般之冷水處理(B)，雖也有減緩黃化之效果，但仍會有黃化發生，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化時，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[3,4,8]，且維生素C之含量也急速減少[5,7]，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色澤品質研究結果，其色澤測定上採用標準色板來分級，將色澤分爲1至6級，級與級間尙分中間級(表6)，以利快速分級作業。本試驗以黃化程度表示色澤，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，因莢果易黃化乃屬品種特性，故預冷後色澤仍在4-4.5級。

表6. 毛豆莢色澤之分級與黃化程度

Table 6. Color grading and yellow degree of vegetable soybean pods.

標準色板級數 (x) Grade in standard color chart	1.0	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
黃化程度 (y) Yellow degree	59.1	60.5	61.7	62.5	63.8	65.0	66.0	67.6	70.7	72.9

(y=2.68x+55.05 , r=0.973)

結　　論

毛豆爲本省現今最重要之輸日產業之一，其對品質之要求也較爲嚴格，其中以莢果外觀品質最爲重要。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化，影響商品品質極鉅。因此如何在採後處理過程中確保莢果翠綠而不致發生黃化，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化，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。

誌　　謝

本研究承行政院農業委員會補助試驗經費(81農建-12.2-輔-15)；試驗進行時蒙台灣省高雄區農業改良場賴榮茂先生及邱祝櫻小姐協助，謹此致謝。

參考文獻

1. 齋藤正隆. 1981. 品種生態. p.105-119. 豆類編. 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化之影響. 高雄區農業改良場研究彙報 2(1):1-5.
3. 鄒虎生. 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. p. 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, 1991. Asian Vegetable Research and Development Center,Shanhua, Tainan, Taiwan, ROC.
5. Masuda, R. 1991. Quality requirement and improvement of vegetable soybean. p. 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. Shanmugassundaram, S., S. C. Cheng, M. T. Huang, and M. R. Yan. 1991. Varietal improvement of vagetable soybean in Taiwan. p.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. p.113-119. Ibid.
8. Tsou, S. C. S., and T. L. Hung. 1991. Research on vegetable soybean quality in Taiwan. p.103-107. Ibid.
9. Watanabe, I., and Nagasawa, T. 1990. Appearance and chemical composition of soybean seeds in germplasm collection of Japan. Japan J. Crop Sci. 59(4):661- 666.
10. Wilson, R. F. 1987. Seed metabolism. p.643-686. In J. R. Wilcox(ed.) Soybeans: improvement, production, and uses. 2nd Ed. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA.

Studies on the Precooling of Harvested Vegetable Soybean

Ming-teh Huang

Director of Taitung District Agricultural improvement Station.

Summary

The commercial quality of vegetable soybean was mainly determined by the pod color. Yellowing of pods occurred rapidly after the harvest of vegetable soybean. Hence, studies on the pre-cooling treatment of pods for preservation of bright green color and preventing the yellowing of pod before freezing processing was required. Pre-cooling treatments tested in this experiment were spraying pods with tap water, drenching pods in 15℃ cold water, drenching pods in 5℃ cold water, storing pods in refrigerator, and the control. Vegetable soybean varieties used were Kaohsiung Selection 1, 205 and Ryokkoh.

Results showed that pod color was easily changed to yellow dramatically and L value was unchanged for the non-treated pods. After 7 hours, treatments of spraying water on pods and drenching pods into tap water can slightly prevent the yellowing of pods. Best pre-cooling effects of pods drenched in 15℃ and 5℃ cold water and stored by refrigerator were found. The bright green color in pods can be maintained and yellowing of pods can be prevented longer than 7 hours and the L values can be reduced by above-mentioned methods. For practical and economical purposes, the best pre-cooling treatment for preventing the yellowing of vegetable soybean pods is by drenching pods into 15℃ cold water after pod threshing and harvesting.

Key words: vegetable soybean, precooling