韓作誌(Korean J. Crop Sci.), 47(3): 196~200(2002)

Lipoxygenase가 결여된 콩의 파종기 및 노화처리에 따른 종실특성과 발아력

손범영* · 이영호* · 김수희** · 이홍석*** · 이석하***†

*농촌진흥청 작물시험장, **경민대학, ***서울대학교 농업생명과학대학

Effects of Planting Date and Accelerated Aging on Seed Germination-related Traits of Lipoxygenase-Lacking Soybean

Beom Young Son*, Yeong Ho Lee*, Soo Hee Kim, Hong Suk Lee***, and Suk Ha Lee***†**

**National Crop Experiment Station, RDA, Suwon 441-100, Korea*

***Dept. of Culinary Arts, Kyungmin College, Uijungbu 480-702, Korea*

****School of Plant Science, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea*

ABSTRACT : Lower field germination was observed in lipoxygenase- lacking soybean genotypes. This study was performed to understand seed-related traits after accelerated aging in response to planting date of soybeans. Two soybean cultivars, Jinpumkong (null lipoxygenase-2, 3) and Jinpumkong 2 (lacking lipoxygenase-1, 2, 3) were evaluated for germination, and were compared with the cultivar, Taekwangkong containing lipoxygenase-1, 2, 3 isozymes. Greater seed coat cracking was shown in Jinpumkong and Jinpumkong 2 than Taekwangkong. Regardless of soybean genotypes, earlier planting resulted in greater seed coat cracking. After accelerated aging, seed fracturability and hardness of Jinpumkong and Jinpumkong 2 were lower than those of Taekwangkong. There was significant difference in germination percentage among soybean genotypes in response to planting date. Seeds obtained from late planting showed better germination ability. Accelerated aging resulted in lower germination percentages of Jinpumkong and Jinpumkong 2 than that of Taekwangkong, and showed higher electric conductivity in Jinpumkong and Jinpumkong 2 than Taekwangkong. After accelerated aging at 40°C for thirty five days, germination percentages of Jinpumkong and Jinpumkong 2 were lower than that of Taekwangkong. Electric conductivity was increased continually as accelerated aging time became longer, and Jinpumkong and Jinpumkong 2 showed higher electric conductivity than Taekwangkong. Even though there were significant genotype differences in seed traits, further studies are needed to determine whether seed lipoxygenase ability is associated with germination ability.

Keywords **:** soybean, lipoxygenase, seed coat cracking, accelerated aging, storage, electric conductivity, germination

†Corresponding author: (Phone) +82-31-290-2305 (E-mail) sukhalee@sun.ac.kr <Received March 27, 2002>

최근 들어 콩(*Glycine max.* [L.] Merrill)에 대한 새로운 용도의 개발과 품질 향상을 위해 다양하게 검토하기 시작하였을 뿐만 아니라 가공적성에 적합한 품종을 개발 육성하여 실용화하고 있다. 그 중 가공적성 면에서 비린내 없는 콩은 식품 가공공정에서 비린내를 제거하기 위한 열처리 과정을 생략함으로써 비용과 시간을 절약할 수 있고 열처리로 인해 발생되는 단백질 변성이나 보수성, 점착성이 떨어져 기능 및 영양가를 떨어뜨리는 것을 막을 수 있다. 한편 lipoxygenase는 콩 비린내를 일으키기 때문에 식품 영양상 이를 제거하기 위한 노력을 계속하고 있으나 lipoxygenase는 효소로서 작물의 생리작용에 관여하고 있어 이에 대한 연구도 계속되고 있다.

Lipoxygenase는 식물체의 성장, 노화(Dhindsa *et al.*, 1982), 상처 및 병충해에 대한 저항성(Pfeiffer *et al.*, 1992; Vick *et al*, 1987)에 관여하며, 발아 및 종실퇴화(Trawatha, 1995)에도 관여한다고 한다. Lipoxygenase의 생리적인 역할 중 종실퇴화는 lipoxygenase가 Z,Z-1,4-pentadiene 구조를 갖는 지방산을 산화하여 유리 라디칼을 발생하기 때문이라고 하며 lipoxygenase가 세포벽의 지방산과 저장지질을 산화시켜 유리 라디칼 및 과산화 지방산을 생성하고 또한 고도의 불포화 지질을 산화시켜 정상적인 세포막을 파괴함으로 종자퇴화에 관여하는 것으로 알려져 있다(Bewley *et al.*, 1986).

Lipoxygenase 缺如 품종의 작물학적 및 종실특성에서 L-2, L-3 결여 및 L-1, L-2, L-3이 모두 결여된 콩이 L-1, L-2, L-3이 모두 존재하는 콩과 비교하여 차이가 없으나(Kim *et al*, 1996, 1997) 이러한 품종을 1년 이상 저장하거나 인위노화처리를 하였을 경우에 L-1, L-2, L-3이 모두 존재하는 콩보다 발아율이 급격히 감소하는 것으로 보고되어 있다(Trawatha, 1995). 또한 lipoxygenase 결여 품종을 적정시기에 파종하였을 경우에는 발아율에 문제는 없지만 파종시기가 늦어 다음 해에 파종할 경우에 L-1, L-2, L-3이 모두 존재하는 다른 품종보다

발아율이 급격히 떨어질 것으로 추정된다. Lipoxygenase 활성이 결여된 진품콩과 진품콩 2호는 저장동안 lipoxygenase의 결여로 종실의 지방 산화지연으로 조직의 손상이 적어 종자의 수명이 오히려 연장될 것으로 보고 있지만, 실제로 이러한 품종들의 발아율 감소에 미치는 원인이 명확히 밝혀지지 않고 있다.

따라서 본 연구는 이러한 lipoxygenase가 결여된 진품콩(*Lx1Lx1lx2lx2lx3lx3*), 진품콩 2호(*lx1lx1lx2lx2lx3lx3*)와 L-1, L-2, L-3이 모두 존재하는 태광콩(*Lx1Lx1Lx2Lx2Lx3Lx3*)의 종실특성을 상호 비교 검토하고 이들에 대한 인위노화 처리에 따른 발아특성의 변화를 알아보기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

공시품종은 L-2, L-3이 결여된 진품콩(*Lx1Lx1lx2lx2lx3lx3*), L-1, L-2, L-3이 모두 결여된 진품콩2호(*lx1lx1lx2lx2lx3lx3*) 및 L-1, L-2, L-3이 모두 존재하는 태광콩(*Lx1Lx1Lx2Lx2Lx3Lx3*) 등 3 품종이며 1996년 5월15일에서 6월26일까지 3 차례에 걸쳐 조간 60 cm, 주간 20 cm의 재식거리에 1주 2립씩 파종하여 재배하였다. N-P_2O_5-K_2O=40-70-60 kg/ha의 수준으로 시비하였으며 시험구 배치는 파종기를 주구로, 품종을 세구로 하는 분할구 배치법 3반복으로 실시하였다.

종피의 균열도는 콩 종실 200립을 3반복으로 취하여 점형, 선형, 부정형으로 균열이 간 것을 조사하여 건전한 종실에 대한 백분율로 나타내었다. 물리성 측정은 종실의 경도 및 파쇄성을 측정 조사하였는데 콩 종실을 25°C의 증류수에 24시간 沈漬한 후 페이퍼 타올로 표면의 증류수를 제거한 다음 texture analyzer(stable micro system TA-XT-2)를 이용하여 물리성을 측정하였으며 사용한 탐침의 직경은 2 mm, 탐침과 chart의 속도는 2 mm/sec, 전체 힘(full scale)은 5 kg이었고 2.5 mm로 자동변형(auto deformation)이 되게 하였다.

발아율 조사는 직경 9 cm 페트리디쉬에 여과지(Whatman No. 2) 두 장을 깔고 그 위에 콩 종실을 50립씩 3반복으로 치상한 다음 증류수로 30분 정도 충분히 침지한 후 25°C로 조절된 항온기에 넣고 종실이 건조되지 않도록 수분을 보충하였으며 幼根이 3 mm이상 신장하였을 때를 발아된 것으로 보아 24시간마다 누적 발아 개체수를 조사하여 발아율을 계산하였다. 전기전도도 측정은 건전한 종실을 10립씩 취하여 50 ml 비이커에 넣고 증류수 40 ml를 가하여 20°C 항온기에 24시간 방치한 후에 잘 저어서 전기전도도를 측정하였다. 사용한 전기전도도 측정기는 conductivity meter(Model CM-2A Tokyo TOA Electronics Ltd., Japan)를 사용하였다.

인위노화 처리는 건전한 콩 종실을 40°C±1(상대습도 90%±1)로 조절된 항온기에 4일 동안 처리하였고(AOSA, 1983), 40°C 항온기에 35일 동안 저장하였으며 5일 간격으로 35일까지 각각 시료를 채취하여 조사하였다.

결과 및 고찰

종피균열도는 Table 1에 나타난 바와 같이 진품콩과 진품콩 2호가 태광콩보다 훨씬 높게 나타났다. 5월 15일 파종에서는 진품콩과 진품콩 2호가 각각 44.8%와 43.2%로 15.5%인 태광콩보다 훨씬 많은 것으로 나타났으며, 파종시기가 늦어짐에 따라 진품콩과 진품콩 2호의 종피 균열 정도는 감소되는 경향이었다. 종피균열의 발현은 유전과 환경의 상호작용에 의해 일어난다. 진품콩과 진품콩 2호가 태광콩에 비하여 종피균열의

Table 1. Genotypic difference in seed coat cracking of soybean as affected by planting date.

Genotype	Planting date			Mean
	May 15	June 8	June 26	
		%		
Taekwangkong	15.5	5.7	2.7	8.0[b]*
Jinpumkong	44.8	18.3	11.7	24.9[a]
Jinpumkong 2	43.2	16.3	7.8	22.4[a]
Mean	34.5[a]*	13.4[b]	7.4[b]	

*Means within the same row or within the same column followed by the same letter are not significantly different at P=0.05 based on LSD.

Table 2. Fracturability and hardness of Taekwangkong, Jinpumkong, and Jinpumkong 2 as affected by planting date and accelerated aging.

Trait	Genotype	Planting date			Mean
		May 15	June 8	June 26	
		g			
Fractur ability	Taekwangkong	1,161	1,170	1,255	1,195[a]
	Jinpumkong	1,000	1,059	1,140	1,066[b]
	Jinpumkong 2	988	957	1,031	962[c]
	Mean	1,050[b]	1,062[b]	1,142[a]	
		g			
Hardness	Taekwangkong	917	798	805	840[a]
	Jinpumkong	764	780	775	773[b]
	Jinpumkong 2	726	757	755	746[b]
	Mean	802[a]	778[a]	778[a]	

*Means within the same row or within the same column followed by the same letter are not significantly different at P=0.05 based on LSD.

발현이 환경에 민감하게 반응하는 것으로 나타났다.

인위노화 처리에 따른 종실특성으로서 종실의 파쇄성(facturability) 및 경도(hardness) 등 물리적 특성을 조사한 결과는 다음과 같다. 인위노화 처리 후 콩 종실을 25°C의 증류수에 24시간 침지한 후 texture analyzer로 측정한 결과는 (Table 2) 인위노화 처리전보다 3 품종 모두 파쇄성과 경도는 낮아지는 경향이었다. 인위노화 처리 후 종피를 探針할때 측정되는 파쇄성은 진품콩과 진품콩 2호가 태광콩보다 낮았으며 진품콩 2호는 진품콩보다 더 낮게 나타났다. 자엽을 탐침할때 측정되는 경도는 진품콩과 진품콩 2호가 태광콩보다 낮게 나타났으며 인위노화 처리 전에는 품종간 차이가 없었지만 처리 후 품종간 차이가 나타났다. 또한 파쇄성은 파종시기가 늦어질수록 높게 나타났으나 경도는 낮아지는 경향을 나타내었다. 이러한 결과를 볼 때 진품콩과 진품콩 2호가 태광콩보다 파쇄성과 경도가 낮아 초기 수분흡수율에도 영향을 미칠 것으로 판단되며 그에 따라 종실의 발아 및 저장력에도 영향을 미칠 것으로 추정된다.

인위노화 처리에 따른 발아특성으로서 품종 및 파종기별 발아율과 전기전도도를 측정 조사한 결과는 다음과 같다. 인위노화 처리 후 전기전도도의 변화를 보면(Table 3) 진품콩과 진품콩 2호가 태광콩보다 대체로 높게 나타났으며 파종시기가 늦어질수록 전기전도도는 낮아지는 경향을 나타내었다.

종실을 짧은 기간 내 어느 정도 노화시켜 발아세를 검정하는 처리 방법인 인위노화 처리 후 발아율은 Table 4에서 나타낸 바와 같이 lipoxygenase가 결여된 진품콩과 진품콩 2호가 태광콩보다 낮았다. 대체로 5월 15일 파종하여 수확한 종자에서 6월 8일, 6월 26일 파종하여 수확한 종자에서보다 발아율이 낮았으며 파종시기가 늦어질수록 3 품종 모두 발아율은 증가되는 경향을 나타내었지만 lipoxygenase가 결여된 진품콩과 진품콩 2호는 L-1, 2, 3이 모두 존재하는 태광콩보다 발아율이 낮았다. 결과적으로 볼 때 lipoxygenase가 결여된 진품콩과 진품콩 2호의 파종시기를 늦추는 것이 종실의 저장력을 향상시킬 수 있는 방법이 될 수 있을 것으로 생각되었다.

Lipoxygenase가 결여된 진품콩과 진품콩 2호의 저장 전 발아율은 80% 이상이었으나, 인위노화 처리 후 5일째부터 35일째까지 계속해서 감소하였으며 발아율의 감소 정도가 태광콩보다 크게 나타났다. 저장 35일째 태광콩의 발아율은 거의 80 % 정도 유지되었으나 진품콩과 진품콩 2호는 60% 이하로 떨어졌으며 진품콩이 진품콩 2호보다 발아율이 조금 높았다(Fig. 1). Lipoxygenase가 종실퇴화에 관여를 한다면 L-1 혹은 L-2

Table 3. Electric conductivity of Taekwangkong, Jinpumkong, and Jinpumkong 2 as affected by planting date and accelerated aging.

Genotype	Planting date			Mean
	May 15	June 8	June 26	
	------- μmhos cm^{-1} -------			
Taekwangkong	0.588	0.420	0.397	0.468[b]*
Jinpumkong	0.781	0.466	0.369	0.539[ab]
Jinpumkong 2	0.748	0.528	0.504	0.593[a]
Mean	0.706[a]*	0.471[b]	0.423[b]	

*Means within the same row or within the same column followed by the same letter are not significantly different at P=0.05 based on LSD.

Table 4. Germination percentage of Taekwangkong, Jinpumkong, and Jinpumkong 2 as affected by planting date and accelerated aging.

Genotype	Planting date			Mean
	May 15	June 8	June 26	
	---------- % ----------			
Taekwangkong	68.3	92.3	95.9	85.5[a]*
Jinpumkong	39.9	79.6	77.6	65.7[b]
Jinpumkong 2	32.0	71.2	75.1	59.4[b]
Mean	46.7[b]*	81.0[a]	82.9[a]	

*Means within the same row or within the same column followed by the same letter are not significantly different at P=0.05 based on LSD.

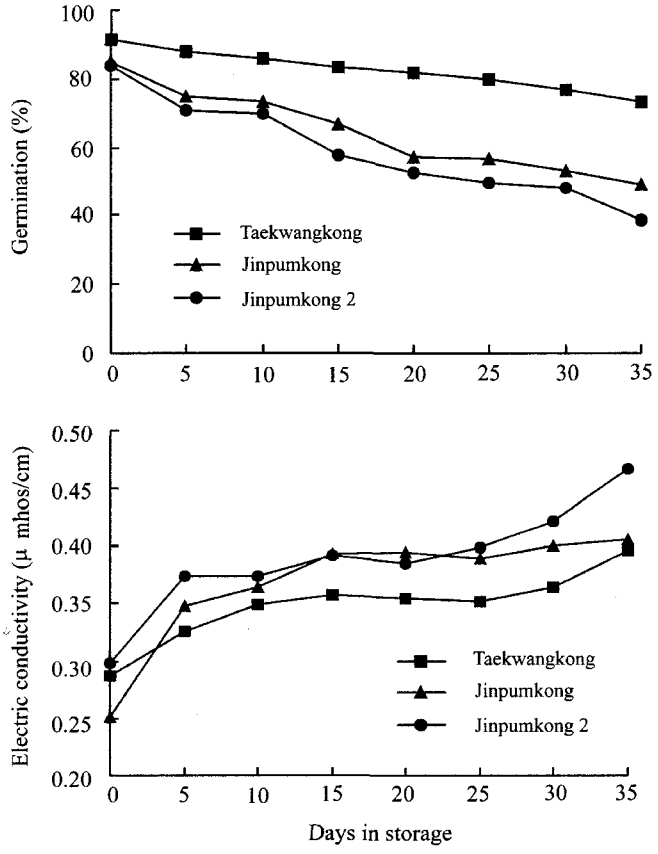

Fig. 1. Changes of germination percentage and electric conductivity of Taekwangkong, Jinpumkong, and Jinpumkong 2 as affected by storage time at 40°C.

Table 5. Correlation coefficients between seed quality parameters and measurements of general seed germination characteristics for all cultivars in all planting dates.

Seed† quality	Electric conductivity	Seed coat cracking	100-seed weight
SG	-0.60***	-0.47*	0.20
AA	-0.82***	-0.82***	0.38
EC	-	0.68***	-0.01

*,**,***Significant at 0.05, 0.01 and 0.001 probability levels, respectively.
†Seed quality parameters : standard germination (SG), germination following accelerated aging (AA), and electric conductivity (EC)

는 종실 퇴화과정에 충분한 lipoxygenase 활성을 제공하여 정상적인 품종이 lipoxygenase가 결여된 품종보다 먼저 퇴화되어야 할 것이다. 그러나 본 실험에서는 정상적인 태광콩이 lipoxygenase가 결여된 진품콩과 진품콩 2호보다 오히려 종실 퇴화가 느렸으며 저장력도 높았다. Wang *et al.*(1990)은 L-2 동위효소가 콩 종실의 퇴화를 증진시키기보다 오히려 저장력을 유지시켜 주는데 중요한 생리적 역할을 하였으며 정상적인 Century보다 L-2, 3이 결여된 계통이 급속한 발아세 및 발아력 감소를 나타내지 않았다고 하였으며 또한 인위노화 처리 6일째에서 정상 콩과 L-1, L-3 결여, L-2, L-3 결여 콩의 lipoxygenase 활성은 변화가 없지만 발아율은 각각 39%, 29%, 9%로 낮아져 lipoxygenase가 발아율에 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다고 한다. 그러므로 lipoxygenase가 종실퇴화에 직접적으로 영향을 미치지 않는 것으로 추정되며 lipoxygenase가 결여된 진품콩과 진품콩 2호가 L-1, 2, 3이 존재하는 태광콩보다 발아율 및 발아세가 떨어지는 것은 종실 고유의 종피 및 자엽에 대한 물리적인 특성의 차이일 것으로 고찰된다.

인위노화 처리전의 전기전도도는 진품콩이 태광콩보다 낮게 나타났으나 처리 5일째는 진품콩과 진품콩 2호는 급속하게 전기전도도가 증대되었으나 태광콩은 완만하게 증대되었다(Fig. 1). 진품콩과 진품콩 2호는 처리 10일째에서 25일째까지 비슷하게 높아졌고 태광콩보다는 높게 나타났다. 진품콩 2호는 처리 25일째 이후 35일째까지 계속해서 전기전도도가 높아졌으나 진품콩과 태광콩은 완만하게 증가하였다. 인위노화 처리 35일째는 진품콩과 태광콩은 거의 비슷한 전기전도도를 나타내었으나 진품콩 2호보다는 낮았다.

종실 퇴화와 관련하여 종실특성과 발아율과의 상관은 Table 5에 나타내었는데, 종피균열도는 발아율 및 인위노화 처리 후 발아율과는 유의한 부의 상관을 나타내었지만 전기전도도와는 유의한 정의 상관을 보였다. 특히 인위노화 처리 후 발아율과는 고도로 유의한 부의 상관을 나타내었는데(-0.82***) 종피의 균열도가 종자의 활력과 상관이 높은 것으로 보아 진품콩과 진품콩 2호가 종피의 균열도가 심하므로 이를 개선하여 종자의 활력을 증대시킬 수 있을 것으로 생각된다. 100립중과 발아율, 인위노화촉진 후 발아율 및 전기전도도와의 상관이 없었다.

이상의 결과를 볼 때 진품콩과 진품콩 2호의 종피균열도가 태광콩보다 높음과 인위노화 처리 후 물리적 특성 중 종피의 두께 및 조직과 관련된 파쇄성과 자엽의 단단한 정도와 관련이 있는 경도는 처리전보다 낮았고 진품콩과 진품콩 2호가 태광콩보다 낮음을 볼 때 인위노화 처리 과정에서 종실의 물리적인 구조가 손상이 되며 이러한 손상 정도가 진품콩과 진품콩 2호가 더 큰 것으로 추정된다. 그러므로 lipoxygenase가 결여된 진품콩과 진품콩 2호가 L-1, L-2, L-3이 존재하는 태광콩보다 발아율이 떨어지는 것은 종실 고유의 종피 및 자엽에 대한 물리적인 특성차이일 것으로 생각되며, 파종기를 늦추는 것이 lipoxygenase가 결여된 진품콩과 진품콩 2호의 발아율을 높일 수 있는 하나의 방법이라 판단된다. 아울러 발아와 lipoxygenase의 존재 유무와 관계를 유전 및 육종적인 측면에서도 검토가 이루어져야 할 것이다.

적 요

Lipoxygenase가 결여된 진품콩(*Lx1Lx1lx2lx2lx3lx3*), 진품콩2호(*lx1lx1lx2lx2lx3lx3*)와 L-1, L-2, L-3이 모두 존재하는 태광콩(*Lx1Lx1Lx2Lx2Lx3Lx3*)에 대한 종실특성과 인위노화 처리가 종실의 발아율에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실시하였다.

1. 종피균열도는 3 품종 모두 파종시기가 늦어짐에 따라 감소하였으며, 진품콩과 진품콩 2호가 태광콩보다 높았다.

2. 파쇄성과 경도는 진품콩과 진품콩2호가 태광콩보다 낮아지는 경향을 나타내었다.

3. 발아율은 진품콩과 진품콩 2호가 태광콩보다 낮았고, 전기전도도는 인위노화 처리전보다 증가하였으며 태광콩, 진품콩, 진품콩 2호 순으로 높았다.

4. 발아율은 인위노화 처리기간이 길어짐에 따라 진품콩과 진품콩 2호가 태광콩보다 낮았으며, 전기전도도는 인위노화 처리기간이 길어짐에 따라 증가하였으며 진품콩과 진품콩 2호가 태광콩보다 높게 나타났다. 인위노화 처리 35일째는 태광콩과 진품콩이 비슷하게 나타났으며, 진품콩 2호는 태광콩과 진품콩보다 높게 나타났다.

5. 종피균열도는 발아율 및 인위노화 처리 후 발아율과는 유의적인 부의 상관을 나타내었다.

인용문헌

Association of official seed analysts (AOSA). 1983. Seed vigor testing handbook, p 24, 65-70.

Bewley, J. D. 1986. Membrane changes in seed as related to germination and the perturbations resulting from deterioration in storage. p. 27-45. *In* M.B. Macdonald, Jr., and C.J. Nelson(ed.) Physiology of seed deterioration. CSSA Spec. Publ. 11. Cssa, Madison, WI.

Dhindsa, R. S., P. P. Dhindsa, and D. M. Reid. 1982. Leaf senescence

and lipid peroxidation : effects of some phytochromes and scavengers of free radicals and singlet oxygen. *Physiol Plant.* 56 : 453-457.

Kim, S. D., Y. H. Kim, K. Y. Park, H. T. Yun, Y. H. Lee, S. H. Lee, Y. K. Seung, H. S. Kim, E. H. Hong and Y. S. Kim. 1997. A new tasteless soybean variety "Jinpumkong2" with good quality. *RDA. J. Agri. Sci.* 39(2) : 112-115.

Kim, S. D., E. H. Hong, Y. H. Kim, S. H. Lee, K. Y. Park, H. T. Yun, Y. K. Seung and H. S. Kim. 1996. A good seed quality beany tasteless soybean variety "Jinpumkong". *RDA. J. Agri. Sci.* 38(2) : 166-170.

Liu, H. L. 1949. Inheritance of defective seed coat in soybeans. *J. Hered.* 40 : 317-322.

Pfeiffer, T. W., D. F. Hildebrand, and D. M. TeKrony. 1992. Agronomic performance of soybean lipoxygenase isolines. *Crop Sci.* 32 : 357-362.

Roberts, E. H. 1973. Predicting the storage life of seeds. *Seed Sci. Technol.* 1 : 499-514.

Stanway, V. 1974. Some factors affecting the cooking quality of the peas and Great Northern type of dry beans. *Proceeding of Association of Official Seed Analysts.* 64 : 97-101.

Suzuki, M., E. Takahashi, and H. Miyakawa. 1979. Characteristic of seed coat cracking of soybean and its difference by climatic condition. *Tohoku Agric. Res.* 25. 59-60 [In Japanese].

Trawatha, S. E., D. M. TeKrony, and D. F. Hildebrand. 1995. Relationship of soybean seed quality to fatty acid and C_6-aldehyde levels during storage. *Crop Sci.* 35 : 1415-1422.

Vick, B. A. and D. C. Zimmerman. 1987. Oxidative systems for modification of fatty acids : The lipoxygenase pathway. *The biochemistry of plants.* Vol 9. Academic press. pp. 53-90.

Wang J., K. Fujimoto, T. Miyazawa, Y. Endo, and K. Kitamura. 1990. Sensitivities of lipoxygenase-lacking soybean seeds to accelerated aging and their chemiluminescence levels. *Phytochemistry.* 29 : 3739-3742.