

콩의 種實크기와 種子活性 間의 關係

朴錦龍*, 崔元烈**, 鄭東熙*, 金爽東*

Relationship between Seed Size and Seed Vigor in Soybean.

Keum Yong Park*, Won Yul Choi**, Dong Hee Chung*, and Seok Dong Kim*

ABSTRACT : This experiment was carried out to investigate the difference of seed vigor according to seed size, and the physiological aspects and physico-chemical phenomena related with seed vigor in soybean cultivars. Portion of seed coat and radicle to entire seed was much higher in cultivars with small seed than with large. Seed coat rate ranged 7.9% to 9.9%, and radicle 2.5% to 3.3% in small seed group, Whereas in large seed, seed coat rate did 5.5-6.4% and radicle, 1.5 to 2.1%. After accelerated aging treatment, there are significant difference in germination ability between seed size. The germination rate after aging ranged 47 to 80% in cultivars with small seed, but in large seed, only 14 to 24%. After seed was carried out dehydration in incubator at 25 after soaking for 6 hours, the moisture content of seed in drying for 12 hour was 25.5% in small seed, while it was 51% in large seed. Electrical conductivity, leaching soluble nitrogen and sugar content were higher in large seed cultivars. Besides, cotyledon damage after soaking was occurred frequently in large seed cultivars, and seed vigor within same cultivars was higher in small seed than large.

콩 栽培에 있어서 立毛數 確保는 대단히 重要한 데, 特히 旱魃과 低溫等의 不適한 環境에서는 圃場 立毛數 確保가 대단히 어렵다.

이러한 圃場 發芽力은 種子活性과 깊은 關係가 있는데, 種子退化는 收穫 以前의 圃場狀態에서 부터 進行된다고 하며, 特히, 高溫과 多濕한 條件下에서는 그 進展速度가 빠르고 種實의 特性에 따라서도, 退化 進展 速度가 다르다고 알려져 있다.^{20,22)}

貯藏中 種實의 水分含量이 높을수록 退化는 加速化되며, 圃場에서와 貯藏中 種子退化에 對한 品種間 差異도 알려져 있는데²¹⁾, 硬實은 圃場退化 抵抗性 要因의 하나라고 하며, Kilen & Hartwig¹⁴⁾은 콩의 硬實은 3~4個의 主動 遺傳子에 의해 支配되고 있는것 같다고 하였으며, 種皮는 細胞質 遺傳子

에 依한 母性 遺傳이라 하였다.

콩 種子의 크기와 種子活性間의 關係에 對한 研究報告는 많으나 아직까지 種子 크기와 種子活性間의 關係에 對하여는 明確한 結論을 얻지 못한채, 大粒種子의 活性이 높다는 主張과 그와 反對라는 主張이 맞서 있는 實情이다.

Green 等¹⁰⁾은 實驗室과 圃場에서 콩의 發芽力 檢定을 實施한 結果 同一 品種內의 大粒이 小粒에 比하여 發芽力 및 出現力이 더 높다고 하였고, Burris 等^{4,5)}은 大粒種子是 幼根이 크고 높은 呼吸力을 갖기 때문에 小粒 種子에 比하여 圃場 出現力도 더 높다고 하였다.

또한 Gupta²²⁾는 콩의 同一 品種內에서 大粒이 높은 呼吸率과 큰 胚軸長을 갖을뿐 아니라, 糖의

* 作物試驗場(Crop Experiment Station, RDA, Suwon 441-100, Korea)

** 全南大學校 農學科(Dept. of Agronomy, Chonnam Nat'l Univ., Kwangju 500-757, Korea) <93. 2. 25 接受>

溶出量도 적다고 하였다.

한편, 콩의 小粒種子의 活性이 높다는 報告도 있는데 Edward & Hartwig⁸⁾은 小粒種子는 大粒에 比하여 發芽 所要時間이 짧고, 胚軸 伸長이 빠르며, 浸種後 糖 및 其他 溶出物質이 적기 때문에 圃場에서 높은 發芽力 및 種子活性을 갖는다고 하였으며, Green & Pinnell¹¹⁾은 100粒重과 發芽力 間에는 負의 相關이 있다고 하였고 그 외에도 小粒種子가 遺傳的으로 種子活性이 높다고 主張하는 學者²⁷⁾도 있다.

Burris等⁵⁾은 콩의 小粒種에서 光合成率이 높았으나, 大小粒種 間 相對的인 乾物 蓄積量에는 差異가 없었으며, 胚의 크기, 出現率, 葉面積 및 莖長等은 大粒種子가 큰 傾向이었고, 子葉 乾物 損失率은 種實重과 負의 相關이 있다고 하였으며, Payne & Koszykowski²³⁾는 25°C에서 小粒種의 胚軸이 大粒種에 比하여 길었으나, 發芽率의 差異는 없었다고 하였다.

콩의 種實 特性은 다른 作物에 比하여 種皮가 얇고 種皮破裂 및 損傷이 容易하며 子葉의 機械的 損傷도 쉽게 發生되는데, 水分을 吸收한 狀態에서는 種皮 및 子葉이 더욱 軟弱하여 지기 때문에 外部環境條件에 매우 敏感하게 反應한다고 볼 수 있다. 또한 品種이 매우 多樣하여 100粒重이 5~6g 以下の 極小粒에서부터 40g 以上の 大粒種까지 種子重의 分布範圍가 매우 크고, 種皮色도, 黃, 黑, 靑, 赤, 混色等 많은 種類가 있으며, 生態의 特性도 多樣하기 때문에 種實의 品質 및 活性도 큰 差異를 보이고 있는데, Singh等²⁸⁾은 콩의 100粒重이 11~15g 範圍에 屬하는 品種들이 種子活性에는 가장 理想的이며, 小粒이 大粒에 比하여 水分 吸收力이 높다고 하였다.

種子의 品質은 作物의 生産性과 立毛率에 影響을 미치는 가장 重要한 要因中의 하나이며, 一般的으로, 우리는 이러한 要因들을 物理的 要因과 生理的 要因으로 大別하는데, 種子의 物理的인 品質이라함은 種皮의 破裂이나 胚, 子葉의 損傷과 같은 種實의 物理的 形象이나, 構造의 可視的 變形과 關聯된 것들이며, 種子의 生理的인 品質은 細胞的인 代謝의 變化와 關聯된 것들이라 할 수 있다. 物理的인 種子 損傷은 多樣한 形態가 있는데, 가장 흔한 種子 損傷은 種皮의 破裂이며, 子葉의 損傷이나 幼根의 破裂等은 짧고 奇形的인 根系을 形成하게 되며 極端의인 境遇에는 發芽에 失敗하는 非正常 種子의 原因이 될 수 있다¹⁸⁾.

또한, 子葉의 損傷은 幼苗의 生長을 遲延시키며,

種皮는 外部의 加害로 부터 胚와 子葉을 保護하고 種子의 水分吸收를 調節하는 役割을 하기 때문에 種皮의 損傷은 種子 活性에 致命的이라 할 수 있는데, Tully等³²⁾은 豌豆와 콩의 種皮破裂은 發芽力을 크게 低下시켰는데, 그 理由는 急速한 水分吸收에 依해서 飽和된 細胞가 破裂 및 損傷되었기 때문이라고 하였다.

콩 種皮의 表面 狀態에 따라서 매끄러운 種皮, pore를 갖고 있는 種皮, 形態學的으로 뚜렷한 附着物을 갖는 種皮의 세가지 形態로 分類하며 pore를 갖고 있는 種皮는 一般的으로 透水性이 높는데, 一般 栽培品種들이 여기에 屬한다^{24,33)}. 種皮는 水分과 가스 擴散에 대한 制御作用을 하기 때문에 硬實은 大氣中으로 부터 가스 出入에 抵抗性을 갖게 되며 種子 活力도 長期間 持續될 수 있으리라 判斷된다¹⁷⁾.

一般的으로 小粒種子는 大粒種子에 比하여 많은 種皮組織을 갖기 때문에 種子活性을 오랫동안 持續할 수 있다고 하며, 콩의 大粒種은 種皮두께가 얇고 種皮 破裂 個體率이 높기 때문에 低溫에 浸種時 子葉 損傷이 많이 發生되고 圃場 出現率의 低下 原因이 된다는 研究 結果들^{16,30)}도 있다.

Starzinger & West³¹⁾는 콩을 相對濕度 100%에 12日 동안 保管하였을때, 黑色種은 黃色種에 比하여 發芽率이 훨씬 높았다고 하였으며, 그 외에도, 有色 種皮種은 黃色에 比하여 種子 活性이 높고 退化 進展速度도 느리다고 하였으며, Dassou & Kueneman⁶⁾은 黃色 種皮를 갖는 IAC-8의 Isoline을 老化 處理한 後 發芽力을 檢定하였는데, 黑色 種皮를 갖는 Isoline의 發芽力이 더 높았다고 하였다.

한편, 低溫에 콩 種子를 浸種하면 子葉 損傷이 發生되는데, 種皮가 損傷 되거나 얇은 種皮의 種子는 子葉 損傷率이 增加된다^{1,2,15)}고 하며, Sorrells & Pappelis²⁹⁾는 높은 溫度와 낮은 水分 포텐셜에서는 子葉 損傷率이 크게 낮아졌다고 하였으며, Bramlage等¹⁾은 低溫에 敏感한 種子들은 浸種中 일어나는 細胞膜 再合成이 低溫에 依해서 크게 阻害되는 것 같다고 하였고, Dogras等⁷⁾이 低溫 抵抗性이 높은 品種이 弱한 品種에 比하여 脂肪酸 合成率이 훨씬 높다고 하였다.

그 외에도 黑色 種皮種은 低溫 抵抗性이 크고, 水分吸收가 느리게 일어나는데, 이는 種皮의 色素와 두께때문이라는 報告⁹⁾와 種皮 表面의 높은 wax 含量과 작고, 延長된 種皮 pore 그리고 種皮色등도 水分吸收를 阻害하는데, 色素는 種皮 表面의 冊床 組織 細胞에 包含되어 있다고 하는 研究 結果^{3,15,19)}.

25)도 있었다. 콩 종자는 발芽中 低溫에 매우 敏感하게 反應하며, 品種間 差異도 뚜렷한데, 이러한 低溫障害는 發芽率과 出現率, 그리고 生産性에 影響을 미친다¹³⁾.

Bramlage等¹⁾은 콩에서 低溫의 害는 浸種後 數分內에 發生하며, 胚로 부터 溶出物質이 分泌된다고 하였고, Short & Lacy²⁶⁾는 溶出物質은 周圍의 微生物 活動을 促進시켜 腐敗의 原因이 되는데, 溶出되는 炭水化物은 glucose, sucrose, fructose 그리고 maltose와 같은 單糖類이나, 土壤中에서 量的인 測定은 不可能하다고 하였다. 이와같이, 콩의 種實크기와 種子活性間의 關係에 對한 研究는 많이 이루어 졌으나, 아직 大小粒種間 種子活性의 差異를 究明하지 못한채 論難이 되고 있는데 이는 研究者에 따라 試驗材料 및 方法이 다를뿐 아니라, 單純히 可視的이고 量的인 現狀만을 短篇的으로 研究하였기 때문이라고 判斷되어, 本研究에서는 콩 種實의 種子活性의 差異를 物理 化學的 側面에서 接近하고자 試圖하여 몇가지 結果를 얻었기에 報告하고자 한다.

材料 및 方法

本 實驗은 1990~1991년에 亞細亞 菜蔬 研究 開發센터(AVRDC)와 作物 試驗場 木浦支場 實驗室에서 遂行하였으며, 供試 系統은 AVRDC의 試驗 圃場에서 '89년 가을에 收穫된 種子中 種皮色과 種子重을 고려하여 大, 中, 小粒種別 各各 4品種씩

(青色種 2, 黃色種2) 分讓받아 使用하였는데 種實의 特性은 表 1에서 보는 바와 같다.

단, 年差間 種子活性의 差異를 調査하기 爲하여 相對濕度 70 ± 3%, 溫度 12 ± 2℃의 條件에서 18個月 貯藏된 同一品種의 '88產 種子를 供試하였다.

分讓받은 種자는 精選과 風乾을 한 後 低溫貯藏庫의 desiccator에 保管 使用하였으며, 標準 發芽力 檢定 및 老化處理는 ISTA 규정에 의하여 paper towel法으로 遂行하였고, petri dish發芽力 檢定은 實驗 誤差를 最小化하기 爲하여 4回 反復 實施하였다.

發芽力 檢定은 適溫과 低溫에서의 發芽力 檢定으로 區分하여 各各 25 ± 1℃와 10 ± 1℃의 incubator 內에서 petri dish (直徑15cm)當 2枚의 濾過紙를 깔고 種子 50粒씩 4反復으로 하였으며 種子重量의 3~4倍 程度의 蒸溜水를 注入하여, incubator內에서 供試品種이 同一한 溫度條件에서 發芽될 수 있도록 하였다.

標準 發芽力 檢定은 paper towel法을 利用하여 25℃의 incubator內에서 遂行하였다.

出現力 檢定은 Plastic pot (L25 × W15 × H10cm)에 滅菌과 風乾 處理를 한 모래를 채운 後 모래重量의 70%에 該當되는 蒸溜水를 添加하였으며, pot當 25粒씩 3 反復으로 하고, 水分蒸發 防止用 비닐을 被覆한 後 incubator內에 置床하였다.

種子活性 檢定은 첫째, ASAC-1000 Automatic seed analyser에 依하여 溶出物質 傳導度를 測定하였는데, 100個의 cell로 構成된 test try의 cell當

Table 1. Comparison of morphological characteristics in seed used.

Seed size group	Cultivar	Seed coat color	100 seed weight(g)	Seed size L × W(mm)	Hilum	
					color	length(mm)
small	GC 82341-146	Y	10.8	32.2	Br	2.46
	GC 82334-29	Y	11.5	41.6	Br	2.80
	G 2120	G	5.9	27.9	B	2.64
	AGS 314	G	6.3	33.4	B	2.78
medium	AGS 302	Y	21.7	66.0	Br	3.12
	GC 82344-50	Y	20.3	58.5	B	3.30
	GC 84012-20	G	15.4	44.8	B	3.58
	GC 82180-18	G	16.8	53.3	B	3.54
large	TSUYUNOKO	Y	33.3	78.0	Wt	3.33
	AGS 292	Y	35.7	83.7	Wt	3.22
	GC 86056-44	G	28.5	72.2	Br	3.06
	HATSTUTAKA	G	33.0	83.4	B	4.15

* The abbreviated word, Y, G, L, W, B, Br, Wt, stand for yellow, green, length, width, black, brown, and white, respectively

4ml의 蒸溜水를 채운後 品種別 100粒씩 4反復으로 하여 20℃ 에서 24時間 浸種 後 ASAC-1000의 0.25 Volts 條件에서 測定하였다.

그리고, 溶出 物質의 pH는 10℃ 에서 24時間 蒸溜水 (pH 6.4)에 浸種 後 溶液의 pH를 測定하였다. 이때 種子 1g 당 蒸溜水 15ml 比率로 하였다.

둘째, 老化 處理는 試料를 6 時間 浸種시킨 다음 25℃ incubater 內에서 24時間 風乾 後 溫度 42℃, 相對濕度 100% 條件下에 3日間 處理後 paper towel法으로 發芽力을 檢定 하였다.

種實의 物理 化學의 特性에 對한 調查 分析 項目 및 方法은 다음과 같다. 種子의 硬度는 種子重量과 容積을 測定한 다음 重量/容積(w/v)으로 換算하였다.

粗蛋白質 含量은 micro-Kjeldahl 法에 依하여 約 2g의 試料를 分解瓶에 넣고 평량한 다음 H₂SO₄ 20ml를 加하여 4時間 동안 分解하고, 100ml로 稀釋한 다음 稀釋液 20ml를 30分間 蒸溜한 後 0.1N NaOH溶液으로 滴定하였으며 蛋白質 含量은 다음과 같은 方法으로 算出하였다.

$$\text{粗蛋白質(\%)} = \frac{0.0014 \times (V - V_0) \times F \times V \times 6.25}{\text{試料 採取量}} \times 100$$

(V: blank test에서 中和에 必要한 0.1N NaOH의 ml數, V₀: 中和에 必要한 0.1N NaOH의 ml數, F: 0.1N NaOH의 factor, V: 稀釋倍數)

脂肪含量은 磨碎된 試料 10g을 Soxhlet 抽出裝置에 投入한 後 Petroleum Ether를 加하여 70℃ 에서 24時間 抽出 定量하였다.

總糖 含量의 分析은 Anthrone 指示藥을 使用하여 發色시킨 後 比色法에 依하여 試料 100mg에 ethanol 10ml를 加하여 80℃ 水槽에서 30分間 抽出한 다음, 5,000 rpm에서 10分間 遠心分離하여 上등液을 採取하였는데 이 過程을 5回 反復하였다. 80℃ hot plate上에서 上등液이 30ml로 濃縮될때 까지 加熱한 後 濃縮液을 250ml로 稀釋하고, ice bath上에서 稀釋液 1ml에 蒸溜水 1.5ml를 添加한 다음, 5ml Anthrone液을 加하여 진탕하였고, 이를 spectrophotometer 630nm에서 測定한後 糖含量을 glucose 標準 曲線을 利用하여 算出하므로써 種實中의 糖含量을 定量하였고, 溶出糖의 分析은 10g 種子를 100cc 蒸溜水에 24時間 浸種한 後, 種子를 除去한 溶液을 hot Plate 上에서 蒸發시켜, 濃縮된 溶液을 試料로 하여 種實과 같은 方法으로 分析하였다.

種實 中의 可溶性 窒素 含量 分析은 磨碎된 試料

1g에 85% ethanol 30ml를 添加하여 30分間 진탕한 後에 上등液을 9,000rpm으로 10分間 遠心分離하여 얻은 採取液을 200ml 비이커에 옮겨 부었는데, 이러한 過程을 4回 反復한 後 80℃ hot plate 上에서 20ml가 될때까지 蒸發 시켰다.

그리고 冷却된 溶液에 蒸溜水를 加하여 100ml로 定溶한 2後 formaldehyde로 pH를 8.4로 調整하여 0.015N NaOH로 滴定하였다.

$$\text{Soluble - N} = \frac{N(\text{NaOH}) \times V(\text{NaOH}) \times 14 \times 10}{\text{試料 重量}}$$

(N: Blank titer-Sample titer, V: NaOH의 正規濃度)

한편, 溶出 可溶性 窒素의 定量은 25℃ 에서 24時間 蒸溜水에 浸種後 種子를 除去하고 溶液을 hot plate上에서 蒸發시킨 後 85% ethanol 30ml를 加하여 또다시 hot plate 上에서 蒸發시켰으며, 以後는 種實의 分析과 같은 方法에 依하여 滴定하였다.

種皮의 粗纖維 含量은 精巧하게 磨碎된 試料 2g에 Sodium Sulfate 0.5g을 加하여 Tecator Fibertec. System에서 60分間 加熱 抽出 (濾過 및 acetone으로 洗滌過程 包含) 한 後 dry oven (100℃)에서 24時間 乾燥하였으며, furnaces (500℃)에서 3時間 동안 दै위 다음과 같이 算出 하였다.

$$\text{粗纖維} = \frac{\text{dry oven에서 乾燥한 重量} - \text{furnace에서 태운 後 重量}}{\text{試料 重量}}$$

種皮두께 및 重量의 測定은 種皮는 銳利한 면도 칼과 편셋을 利用하여 剝皮하였으며, 臍의 크기와 種皮두께는 顯微鏡의 2×15 倍率에서 觀察하였다.

子葉 損傷度의 調査는 25℃ 에서 24時間 浸種 後 種皮를 벗기고 子葉이 破裂되거나, 損傷된 個體를 觀察 調査하였다.

結果 및 考察

가. 供試 品種들의 理化學的 特性

供試 品種들의 種皮色, 種實크기 및 種實構成 比率等은 表 2에서 보는 바와 같다. 100粒重의 分布 範圍를 보면 小粒種은 6.0~12.0g, 中粒種은 15.9~22.3g, 大粒種은 29.6~35.2g 이고, 大, 中, 小粒種內에 黃, 靑色 種皮種이 各各 2品種씩 包含되어 있으며, 이들 種實의 長, 幅, 厚 및 臍의 크기는 品種에 따라서 多少 差異는 있지만, 大體의으로 100粒重과 密接한 關係를 보였다.

種皮의 두께는 品種間 差異는 있었으나, 種實크

Table 2. Comparison of morphological characteristics of soybean used in the experiment.

Cultivar	Seed*	100 seed	seed coat	Seed component rate(%)		
	coat color	weight(g)	thickness(mm)	coat	Embryo	Cotyledon
GC 82341-14	Y	11.3 h**	135 b	9.0 c	2.5 d	88.5
GC 82334-29	Y	12.0 h	108 e	7.9 d	2.6 c	89.5
G 2120	G	6.0 i	147 a	9.9 a	3.3 a	86.8
AGS 314	G	6.5 i	150 a	9.4 b	3.1 b	87.5
AGS 302	Y	22.3 d	135 b	7.1 e	2.5 d	90.4
GC 82344-50	Y	20.9 e	107 e	6.5 f	2.1 ef	91.4
GC 84012-20	G	15.9 g	135 b	7.2 e	2.2 e	90.6
GC 82180-18	G	17.0 f	129 c	7.2 e	2.4 d	90.4
TSUYUNOKO	Y	35.2 b	132 bc	6.2 g	2.1 f	91.7
SGS 292	Y	37.6 a	123 d	5.5 h	1.9 g	92.6
GC 86056-44	G	29.6 c	148 a	6.4 f	1.8 h	91.8
HATSTUTAKA	G	34.4 b	148 a	5.6 h	1.5 i	92.9

* The abbreviated words, Y, G, stand for yellow, green, respectively.

** Means followed by same letters are not significantly different at 5% probability level according to Duncan's Multiple Range Test.

Table 3. Comparison of germinability and seed vigor among cultivars.

Cultivar	100 seed weight (g)	Moisture content (%)	StG*	GR (%)	CGV (%)	Cold stress(10°C)			GR after aging
						ER (%)	MED (day)	Abn. Sd (%)	
GC 82341-14	10.8	9.7	98	96	16.8	97	8.5	8	66
GC 82334-29	11.5	9.3	100	94	17.4	97	7.5	4	47
G 2120	5.9	9.7	98	98	17.5	99	7.0	1	80
AGS 314	6.3	9.9	99	95	17.3	99	7.0	0	69
AGS 302	21.7	9.3	96	88	16.8	90	8.8	31	35
GC 82344-50	20.3	9.4	98	96	17.2	97	9.0	17	50
GC 84012-20	15.4	9.4	98	95	16.8	96	8.0	19	71
GC 82180-18	16.8	10.0	100	90	17.1	96	9.5	16	48
TSUYUNOKO	33.3	9.5	89	71	16.9	63	10.4	40	14
AGS 292	35.7	9.7	92	64	16.3	67	10.3	24	17
GC 86056-44	28.5	9.9	93	60	15.9	58	10.7	24	23
HATSTUTAKA	33.0	9.7	95	54	15.8	63	11.0	28	24

* The abbreviated word, StG, GR, CGV, ER, MED, Abn.Sd stand for standard germination rate, germination rate, coefficient of germination velocity, emergence rate, mean emergence date and abnormal seedling, respectively.

기와는 關聯이 없는것 같았으며 種皮色 間에는 靑色種이 黃色種에 比하여 大體的으로 두꺼운 傾向을 보였다. 種實構成 比率에 있어서는 大小粒種間 뚜렷한 差異를 보이고 있었는데 小粒種일수록 種皮率과 幼根比率이 有意的으로 높은 傾向이었다. 表 3은 種子の 發芽力과 種子活性을 品種間 比較한 것으로서, 標準 發芽力에 있어서는 品種 및 粒重間 差異가 뚜렷 하지는 않았으나 大粒品種들의 發芽

力이 有意性은 없었지만 多少 낮은 傾向을 나타냈으며, petri dish에서 發芽된 것은 小粒 品種群은 94%以上の 發芽率을 보인 反面 大粒品種群은 54~71%의 發芽率을 나타내었는데, 이는 petri dish에서 發芽되는 동안 大粒種들이 發芽力을 지니고 있었음에도 불구하고 不適當한 水分과 器內 濕度, 一定 面積當 過多한 粒의 密度 등으로 因하여 쉽게 腐敗되어 發芽에 失敗한 것으로 petri

dish에서 發芽力 測定時 고려 되어야 할 問題點으로 나타났다. 種子活性 및 圃場 出現力 豫測을 爲하여 一般의으로 利用되는 低溫(10℃) 發芽力 檢定에서는 小粒種과 中粒種群間에는 差異가 뚜렷하지 않았으나 小粒種群과 大粒種群間에는 큰 差異를 보이고 있었고 平均 發芽日數에 있어서는 大粒種일수록 發芽日數가 길어졌으며, 非正常 發芽率이 顯著히 增加되는 傾向을 보이고 있었다.

이처럼 種實重이 클수록 發芽能力이 떨어지는 主된 原因은 低溫에 依하여 物質의 轉流와 生長點에서의 物質 再合成이 正常的으로 이루어지지 않음으로써 發芽가 遲延되는데, 大粒 品種群일수록 子葉에 比하여 幼根의 比率이 낮아서 發芽가 더욱 遲延되고, 外皮에 比하여 種皮率이 낮기 때문에 腐敗菌에 쉽게 罹病되었기 때문이라고 여겨진다. 種子の 活性和 種子の 生命 保存力을 測定하는데 主로 利用되는 老化處理에서는 大, 中, 小粒種間 發芽力의 差異가 뚜렷하여, 小粒種群은 47~80%, 中粒種 35~71%, 大粒種群 14~24%의 發芽率을 보였다. 表 4는 種實의 物理 化學的인 特性을 比較한 것으로, 供試材料로 使用한 品種들에 있어서 種實의 密度는 1.16~1.25로 品種間 差異는 있었으나 種實크기와는 無關하여, 種實重과 密度間에 密接한 負의 相關이 있다고 하는 報告³⁾와는 一致되지 않은 傾向으로 追後 이에 對한 綿密한 檢討가 必要하다고 思料된다. 浸種 後 發生되는 子葉損傷率은 0~40% 範圍로 品種間 變異幅이 크게 나타났는데 種實크기에 比例하여 損傷率이 增加되었으며, 黃色이 靑色 種皮種에 比하여 子葉 損傷率이 높았는데,

이는 種皮 두께와 種皮 破裂 程度에 따른 差異로 判斷된다.

種實의 蛋白質, 脂肪, 炭水化物 等を 보면, 脂肪含量이 小粒種群에서는 多少 낮은 傾向을 나타냈을 뿐 그外 成分含量은 一定한 傾向을 보이지 않았으며, 一般의으로 脂肪含量은 小粒種이 높다고 알려져 있으나, 本試驗의 供試材料들은 이와 달랐으며, 種子 活性和 密接한 關聯이 있는 種皮에 있어의 粗纖維含量은 大小粒種 間에 뚜렷한 差異가 없었다.

水分 吸收와 放出 能力은 種子活性 維持에 重要한 要因 中の 하나라고 判斷되어 調査한 大小粒 品種群의 反應은 그림 1에서 보는 바와 같다. 25℃에서 大豆 種子の 物理的(1次的)인 水分吸收는 6時間內外에 거의 完了 된다고 보고, 浸種後 1時間 間隔으로 6時間까지의 水分吸收力을 測定한 結果, 浸種後 5時間까지는 小粒種群의 水分 吸收量이 많았음을 認定 할 수 있었고, 浸種後 6時間에는 小粒種의 水分 吸收量이 多少 많았지만, 統計的인 差異는 없었는데, 이는 時間이 經過함에 따라 大小粒間 水分吸收量의 差異가 漸進的으로 줄어들고 있음을 示唆한다고 볼 수 있겠다.

水分 放出能力은 浸種後 6時間의 種子重量을 100%로 基準하여 25℃의 風乾條件에서 種子重量의 變化를 經時的으로 調査한 것으로 風乾 2時間以後부터 小粒種이 大粒種에 比하여 迅速히 水分을 放出함을 알 수 있었는데, 時間의 經過와 比例的으로 大小粒種群間 隔差가 커졌으며, 特히 12時間 때에는 浸種前에 比해 小粒種群이 25%, 大粒種

Table 4. Comparison of physical and chemical characteristics of seed.

Varieties	Seed density (W/V)	Damage(%)		Chemical composition(%)			
		Coty.	Coat	Protein	Oil	Carbohydrate	Fiber
GC 82341-14	1.20	16	0	38.72	19.46	22.67	45.8
GC 82334-29	1.16	16	0	37.47	19.89	21.09	45.8
G 2120	1.24	1	0	39.68	15.15	17.50	43.8
AGS 314	1.20	0	0	42.07	18.14	17.01	44.4
AGS 302	1.24	38	10	42.61	21.63	21.43	42.6
GC 82344-50	1.16	17	18	34.08	21.32	23.17	44.9
GC 84012-20	1.16	20	0	36.34	19.94	18.64	43.7
GC 82180-18	1.19	12	0	38.33	20.06	21.44	45.0
TSUYUNOKO	1.22	40	25	40.21	19.90	22.58	41.1
AGS 292	1.03	36	20	40.86	20.76	21.79	44.3
GC 86056-44	1.25	24	0	37.94	21.65	20.88	45.7
HATSTUTAKA	1.21	16	15	41.38	19.19	22.10	42.9

* The abbreviated word, coty., coat., fiber stand for cotyledon, seed coat, crude fiber of seed coat, respectively.

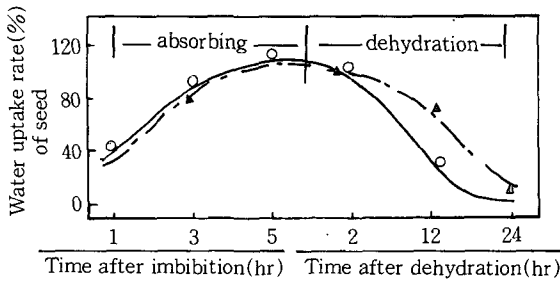


Fig. 1. Comparison of water absorbing capacity and dehydration rate at 25°C (○:small seed, ▲:large seed)

群은 52% 程度의 水分을 더 保有하고 있었고, 24 時間에는 小粒種이 1~4%, 大粒種은 10~14%의 附加의 水分을 保有하고 있었다. 48時間에는 小粒種群은 거의 浸種前의 水分狀態에 이르렀으나, 大粒種群은 浸種前보다 1.0~2.2%의 水分이 種子에 含有되어 있었다. 이러한 小粒種子群의 迅速한 水分吸收와 放出能力은 種子의 活性과 壽命維持에 매우 有利하게 作用하는 主要한 要因中의 하나로 볼 수 있겠다.

나. 種子活性 과 溶出物質 傳導度, 可溶性 糖 및 窒素含量

種實의 可溶性 糖 및 窒素, 그리고 浸種後 溶出物質 등이 種子活性과 어느 程度 關聯性을 갖고 있는

지를 表 5에서 보면, ASAC-1000에 依한 溶出物質 傳導度 測定 結果는 大小粒種 間 差異가 매우 뚜렷하여, 小粒種群에서 25~30 μ amp, 中粒種群 47~63 μ amp, 大粒種群 72~84 μ amp 範圍로 種子 크기와 거의 比例的으로 溶出 物質 傳導度가 增加됨을 알 수 있었는데, 콩 種子의 크기와 種子活性間 關係가 明確히 糾明된다면 매우 有用한 種子 活性 指標로 活用될 수 있으리라 믿어진다.

種實의 可溶性 糖含量은 小粒種群이 多少 낮았으나, 傾向이 一定하지 않았고, 浸種後 溶出된 糖含量은 小粒種과 中粒種群間에는 差異를 認定할 수 없었으나, 小粒種과 大粒種群間에는 多少의 差異를 나타내었다. 種實의 可溶性 窒素含量은 大小粒種間에는 差異가 없었고, 品種의 固有 特性에 依한 差異는 뚜렷하였으며, 溶出 可溶性 窒素는 小粒種群에서 18.3~30.2 μ g, 中粒種群 22.5~55.3 μ g, 大粒種群 37.8~69.8 μ g 으로 種實 크기와 密接한 關係를 나타내었는데, 이들을 種子當 溶出量으로 換算한다면 그 差異는 매우 顯著한 것으로 溶出物質 傳導度와 더불어 種子活性을 測定하는 좋은 方法의 하나라고 여겨진다.

또한, 浸種 溶液의 pH도 小粒種群 5.4~6.6, 大粒種群 4.7~5.1의 分布範圍를 보였다.

다. 幼苗의 乾物分布 比率

大小粒種群 間 幼苗 生長力을 表 6에서 보면 出

Table 5. Electrical conductivity, soluble-sugar, soluble nitrogen, pH of leaching solution in twelve soybean varieties.

Varieties	Electrical conductivity (μ amps)	Soluble-sugar		Soluble-nitrogen		pH of sol'n
		Seed mg/g	Leachate ug/g	Seed ug/g	Leachate ug/g	
GC 82341-14	35 ef*	56	27.6	251	18.3	5.4 cd
GC 82334-29	40 e	119	25.3	272	18.2	5.9 ab
G 2120	25 f	100	23.1	394	23.4	6.6 a
AGS 314	30 f	98	22.6	374	30.2	6.0 ab
AGS 302	63 c	114	33.8	351	55.3	5.1 d
GC 82344-50	55 d	118	24.1	261	28.5	5.5 bc
GC 84012-20	47 de	113	24.1	308	22.5	5.9 ab
GC 82180-18	49 de	135	18.4	355	25.0	5.3 cd
TSUYUNKO	84 a	113	34.8	269	37.8	4.7 e
AGS 292	76 b	123	25.0	390	41.3	4.9 e
GC 86056-44	72 b	123	39.6	370	56.8	5.1 d
HATSTUTAKA	74 b	150	36.2	330	69.8	5.1 d

* Means followed by same letters are not significantly different at the 5% level using Duncan's Multiple Range Test.

Table 6. Comparison of fresh weight and dry weight in seeding among 6 varieties.

Varieties	fresh weight(mg / plant)					dry weight(mg / plant)					D. Wt F. Wt	
	coty	hypo	un-leaf	root	total	coty	hypo	un-leaf	root	total		A+B+C+coty
GC 82341-14	500	298	54	302	1,154	59.1	24.4	9.1	15.2	107.8	0.82	9.3
GC 82334-29	486	254	41	201	982	56.4	18.9	7.3	12.0	94.6	0.68	10.3
AGS 302	825	484	79	291	1,679	114.8	41.8	14.4	21.7	192.7	0.68	11.5
GC 82344-50	812	365	52	256	1,485	147.0	34.8	12.2	18.7	212.7	0.45	14.3
GC 86056-44	1,210	494	63	381	2,148	213	28.0	11.4	25.4	277.8	0.30	12.9
HATSTUTAKA	1,188	793	130	445	2,556	215	68.5	25.0	32.7	341.2	0.59	13.4

Table 7. Change of electrical conductivity and seed vigor according to seed storage period.

Varieties	100 seed Wt. (g)		Electric conduct(μ amps)		St. G (%)		Emergence rate(%)		Predicted vigor	
	6	8	6	18	6	18	6	18	6	18hr
	GC 82341-14	11.3	12.8	35	42	98	92	100	70	52
GC 82334-29	12.0	12.3	39	39	100	78	100	60	58	15
G 2120	5.9	6.8	25	25	98	94	100	96	79	14
AGS 314	6.5	7.7	21	32	99	100	100	96	98	25
AGS 302	22.3	20.8	63	62	96	82	92	44	20	18
GC 82344-50	20.9	-	55	-	98	-	98	-	39	-
GC 84012-20	15.8	15.9	41	54	98	90	98	96	61	22
GC 82180-18	17.0	17.2	48	54	100	86	100	48	54	6
TSUYUNOKO	34.6	32.7	85	84	89	76	64	26	24	5
AGS 292	37.2	38.8	73	70	92	80	74	48	22	11
GC 86056-44	29.6	37.8	73	68	93	56	40	22	43	9
HATSTUTAKA	34.3	35.8	74	74	95	70	50	46	27	4

* The abbreviated word, Electric conduct., St. G stand for electrical conductivity (μ amps) and standard germination rate, respectively.

現 10日된 幼苗의 生體重과 乾物重이 大粒種群일 수록 높았는데, 이는 Payne & Koszykowski²³⁾가 콩의 胚軸伸長과 種實크기 間에는 正 相關이 있다고 하는 報告와는 一致되는 傾向을 보였으나, 子葉에 對한 胚軸 + 初生葉 + 根의 乾物比率은 小粒種이 0.68~0.82, 中粒種 0.45~0.68, 大粒種 0.30~0.59로 小粒種일수록 初生葉 및 胚軸伸長이 迅速히 이루어지고 있다는 것을 推定할 수 있었으며, 生體重에 對한 乾物重의 比率은 小粒種에서 9.3~10.3, 中大粒 11.5~14.3 으로, 種實크기가 클수록 多少 높아지는 傾向을 보이는 것은 發芽 養分 供給 기관인 子葉이 다른 伸長 部位에 比하여 乾物率이 顯著히 높기 때문에, 生長 速度가 느릴수록 生體重에 對한 乾物重 比率이 높다고 생각된다.

라. 貯藏期間에 따른 種子活性 變化

收穫 後 모든 種子는 時間의 經過에 따라서 退化가 進行되므로 種子의 貯藏期間과 種子活性間 密接한 關聯이 있다는 事實은 지극히 당연하며, 作物이나 品種의 特性에 따라서도 種子活性을 維持하는 期間이 다르다는 것은 익히 잘 알려져 있는 事實이다.

本 實驗에서는 이러한 理論을 土臺로 콩 種子의 品種 및 大小粒種群間 貯藏期間에 따른 活性의 差異를 檢討하고자 表 7에서와 같이 溶出物質 傳導度와 發芽能力을 調査하였는데, 6個月과 18個月된 種子間 溶出物質 傳導度 差異는 뚜렷하지 않았으며, 標準 發芽力은 小粒種群이 18個月된 種子에서 78~100%, 大粒種群은 76~80% 範圍로, 小粒種은 6個月 貯藏된 種子의 發芽力과 거의 비슷 하였으나, 中粒種群은 6個月된 種子에 比하여 8~14% 大粒種群은 12~37% 範圍의 發芽率 減少를 보

고 있었으며 出現力에 있어서는 더욱 顯著한 差異를 나타내어 小粒種이 6個月된 種子에 比하여 4~40%, 中粒種 4~48%, 大粒種 4~38%의 發芽力 減少를 나타내었고, 正常 發芽率에 比하여 非正常 幼苗 出現率도 大粒種群에서 크게 增加되는 傾向을 나타내었고, ASAC에 依한 種子 活性 期待値는 6個月된 種子에서 小粒種群이 52~98%, 大粒種群이 22~43%, 18個月된 種子에서 小粒種群이 14~25%, 大粒種群 4~11%로 大小粒種間 種子活性 保持力의 差異가 매우 큰 것을 알수 있었다. 貯藏 期間에 따른 溶出物質 傳導度 差異는 없었는데도, 18個月된 種子의 發芽力은 낮았으며, 實際 發芽力과 ASAC에 依한 豫測 種子活性이 큰 差異를 보이는 理由는 溶出物質 傳導度 값이 試料 tray內의 100個 種子의 平均値이므로 種子間 變異幅이 클 境遇, 同一한 平均값을 갖더라도 種子活性 豫測 期待 값內에 分布하는 種子數는 달라질수 있기 때문이다.

마. 同一 品種의 大小粒種間 種子 活性

콩의 種實重은 一次的으로 品種의 遺傳的 特性에 依해 決定되는 것이나 同一品種 內에서도 變異幅이 比較的 크기 때문에, 同一 品種內의 大小粒種

種子活性을 檢討함으로써, 大小粒種間 種子活性 差異 解析과 究明이 보다 容易할 것으로 判斷되어, 大, 中, 小粒種中에서 1品種씩을 選定하여 同一 品種內에서 大粒과 小粒을 區分하여 種子活性 檢定을 試圖하였는데 同一 品種內의 大小粒種間 種實 構成 比率 및 溶出物質 傳導度는 表 8에서 보는 바와 같이, 粒重에 對한 種皮率 및 幼根 比率는 小粒種(GC82341)의 大小粒種間은 差異가 없었으나, 中粒種(AGS 292)과 大粒種(HATSUTAKA)의 境遇는 大粒보다 小粒이 뚜렷히 높았으며, 溶出物質 傳導度는 同一種 內의 小粒이 낮은 傾向을 보였다.

또한, 表 9는 發芽力과 幼苗의 乾物重등을 比較한 것으로서, 小粒種(GC82341)에서는 大小粒種間 發芽率 및 出現率의 差異가 없었으나, 中粒種(AGS 292)과 大粒種(HATSUTAKA)은 同一種內의 小粒이 各各 16~18%, 7~14% 程度 더 發芽되는 傾向을 나타내었다.

浸種後 子葉 損傷率을 보면, GC 82341의 小粒은 전혀 子葉이 損傷되지 않았으나 大粒은 2%의 子葉 損傷率을 보였고, 中粒種인 AGS335의 小粒이 12%, 大粒 32%, 大粒種인 HATSUTAKA는 小粒이 6%, 大粒 18% 程度로 同一 品種의 種實 크기間에도 子葉 損傷度는 큰 差異가 있었는데, 大粒

Table 8. Comparison of seed characteristic between large and small seeds in same cultivar.

Varieties	Seed weight (mg/seed)	Seed coat (%)	Embryo (%)	Cotyledon (%)	Electrical conductivity(μ mp /)
GC 82341	118 (L)	8.9	2.5	88.6	39
	103 (S)	9.0	2.5	88.5	34
AGS 292	335 (L)	5.3	1.6	93.1	76
	205 (S)	6.5	2.0	91.5	63
HATSUTAKA	394 (L)	5.1	1.4	93.5	82
	232 (S)	6.3	1.9	91.8	67

* The abbreviated word, L, S, stand for large and small seed, respectively.

Table 9. Effect of seed size on germination and dry weight of seedling at 20°C.

Varieties	Seed Wt. (mg/seed)	G.R (%)	E.R (%)	Cotyl Damage (%)	Dry weight(mg) /seedling				
					Coty	Leaf	Hypo	Root	Sum
GC 82341	118 (L)	98	98	2	56	9	24	15	107
	103 (S)	96	97	0	50	7	17	11	85
AGS 292	335 (L)	56	52	32	211	9	36	27	283
	205 (S)	74	68	12	116	11	31	24	183
HATSUTAKA	394 (L)	64	60	18	209	25	69	31	334
	232 (S)	71	74	6	131	23	43	29	221

* The abbreviated word, G. R, E. R, cotyl., leaf, hypo stand for germination rate, emergence rate, cotyledon, primary leaf, hypocotyl, respectively.

Table 10. Correlation coefficients for the various characteristics of seed, germination ability, seed vigor, electronical conductivity, soluble nitrogen content, crude fiber of seed coat.

Variable	GR	GCV	SCR	ER	TH	HL	D	CON	LSN	PH
100 seed weight(SWT)	-0.82**	-0.68*	-0.93**	-0.87**	-0.05	0.80*	0.87**	0.89**	0.82**	-0.81**
Germination rate(GR)		0.83**	0.71*	0.76*	0.04	-0.68*	-0.70*	-0.84**	-0.79**	0.64*
Coefficient velocity(GCV)			0.62	0.81**	-0.03	-0.07*	-0.66*	-0.78*	-0.83**	0.48
Seed coat rate(SCR)				0.91**	0.09	-0.85**	-0.90**	-0.79**	-0.55	0.65*
Embryo rate(ER)					0.18	-0.84**	-0.84**	-0.80**	0.59	0.62
Coat thickness(TH)						-0.10	0.15	0.08	0.38	-0.03
Hilum length(HL)							0.79**	-0.10	0.60*	-0.53
Dehydration(D)								0.27	0.59*	-0.63*
Conductivity(CON)									0.64*	-0.67*
Leaching soluble-N(LSN)										-0.92
pH of exudate(pH)										-

*, ** Symbols are significant at 5% and 1% level, respectively.

일수록 子葉에 比하여 種皮比率이 낮고, 種皮破裂이 쉽게 發生될 뿐 아니라, 子葉이 크면 클수록 物理力學的 側面에서 볼때, 浸種後 子葉損傷이 쉽게 發生될수 있으리라 생각된다. 幼苗의 部位別 乾物重에 있어서는, 大粒의 子葉이 小粒에 比하여 顯著히 높았고 胚軸과 根重 역시 大粒이 높은 傾向이 있으나, 初生葉은 大小粒間 뚜렷한 差異를 보이지 않았는데, 이는 小粒의 幼苗 生長 速度가 多少 빠르게 進行되었기 때문이 아닌가 생각된다.

바. 種子活性和 諸特性間 相關關係

種實의 特性 및 種子活性和 單純 相關關係를 表 10에서 보면 100粒重과 發芽率, 種皮率, 幼根率 間에는 各各 相關係數 -0.82, -0.93, -0.87로 高度의 負의 相關을 보였고, 100粒重과 水分放出能力, 溶出物質 傳導度, 溶出 可溶性 窒素間에는 各各 87, 0.89, 0.82로 高度의 正의 相關을 나타냄으로써, 100粒重과 種子 活性和 間에는 密接한 關係가 있음을 알 수 있었다.

또한, 發芽率과 種皮率, 幼根率은 各各 相關係數 0.71, 0.76으로 高度의 正相關이 있었고, 種實의 水分放出能力, 溶出物質 傳導度, 溶出 可溶性 窒素間에는 高度의 負의 相關을 보였다.

그림 2에서 보는 바와 같이, 100粒重과 溶出物質 傳導度 間에는 高度의 正의 相關關係($r=0.94$)를 나타내었는데, 回歸直線式에 依한 100粒重에 對한 溶出物質 傳導度의 기울기는 거의 正比例적으로 높아지는 樣相을 보였고 100粒重과 豫測 種子活性和 間에는, 高度의 有意的인 負의 相關關係를 나타내었다.

以上の 100粒重에 따른 溶出物質 傳導度와 豫測

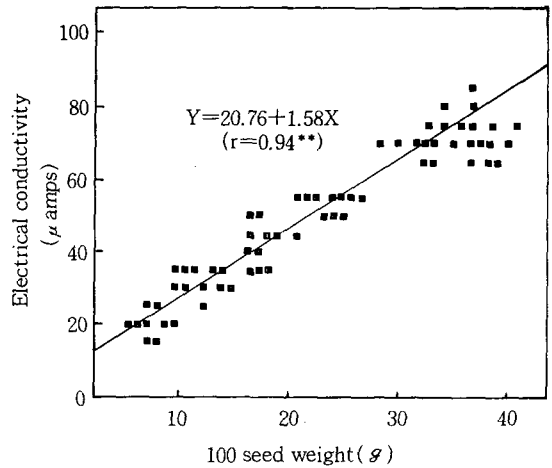


Fig. 2. Relationship between 100 seed weight and electronical conductivity after imbibition in soybean.

種子活性的 變化를 綜合해 보면, 粒重이 커짐에 따라 溶出物質은 거의 正比例적으로 增加하고, 반면에, 豫測 種子活性和은 大粒일수록 크게 낮아지는 傾向을 보여, 大粒種의 種子活性和이 낮은 理由中의 하나는 浸種中 發生하는 過多한 溶出物質에 起因한다고 볼 수 있겠다.

摘 要

大豆의 大小粒種間 種子活性的 差異를 究明하고자, 大小粒種間 發芽生理의 差異를 調査함과 더불어 種子活性和에 關聯된 物理化學的 特性 및 生理的 現象을 研究하였던 바 그 主要한 結果는 다음과 같

다.

1. 種實의 構成比率에 있어서 小粒種群은 種皮率 이 7.9~9.9%, 幼根의 比率은 2.5~3.3%이었고, 大粒種群은 種皮率 5.5~6.4%, 幼根의 比率 1.5~2.1% 程度로써 小粒種이 子葉에 對한 種皮 및 幼根의 比率이 훨씬 높았다.
2. 種皮의 두께는 大小粒種間 差異가 없었으며, 種實의 蛋白質, 可溶性 窒素 및 脂肪含量等의 差異는 나타나지 않았으나, 種實의 炭水化物, 種皮의 粗纖維含量과 浸種後 種實 硬度는 小粒種에서 높은 傾向을 보였다.
3. 標準 發芽力에서는 大小粒種 間 差異가 뚜렷하지 않았으나, 老化 處理後 大小粒 間 發芽力 差異는 顯著하여, 小粒種들은 47~80%의 發芽率을 보인 反面 大粒種에 있어서는 14~24%範圍의 낮은 發芽率을 나타내었다.
4. 浸種 24時間 後 子葉損傷度에 있어서는 小粒種群은 0~16%, 大粒種群은 16~40%의 子葉 損傷率을 보였다.
5. 25℃ 에서 6時間 浸種시킨 다음 風乾狀態에서 12時間 放置하였을때 小粒種子는 浸種前에 比해 25.5%의 水分만을 더 保有하고 있는 反面 大粒種은 51% 内外의 水分을 含有하고 있어 小粒種의 水分 放出 能力이 크게 높음을 알수 있었다.
6. 溶出 物質 傳導度에 있어서는 大粒種에서 顯著히 높았고, 可溶性 糖과 窒素의 溶出量 역시 大粒種이 높게 나타났으며, 浸種溶液의 pH는 大粒種이 낮은 傾向을 보였다.
7. 貯藏 期間에 따른 大小粒種 間 溶出物質 傳導度의 差異는 보이지 않았으나 18個月 貯藏後 小粒種은 60~96%의 出現率을 보인 反面, 大粒種은 出現率이 22~48%에 不過하였다.
8. 同一 品種의 大小粒種間에도 小粒이 더 높은 種子 活性을 나타내는 傾向을 보였다.
3. Burchett, C. A., W. T. Schapaugh, Jr., C. B. Overley, and T. L. Walter. 1985. Influence of etched seed coat and environmental conditions on soybean seed quality. *Crop Sci.* 25 : 655-659
4. Burris, J. S., A. H. Wahab, and O. T. Edje. 1971. Effect of seed size on seedling performance in soybean, I. Seedling growth and respiration in the dark. *Crop Sci.* 11 : 492-496
5. Burris, J. S., O. T. Edje, and A. H. Wahab. 1973. Effect of seed size on seedling performance in soybeans. II. Seedling growth and photosynthesis and field performance. *Crop Sci.* 13 : 207-210
6. Dassou, S., and E. A. Kueneman. 1984. Screening methodologies for resistance to field weathering in soybean seed. *Crop Sci.* 24 : 774-778.
7. Dogras, C. C., D. R. Dilley, and R. C. Herner. 1977. Phospholipid biosynthesis and fatty acid content in relation to chilling injury during germination of seeds. *Plant Physiol.* 60 : 897-902.
8. Edward, Jr., C. J., and E. E. Hartwig. 1971. Effect of seed size upon rate of germination in soybean. *Agron. J.* 63 : 429-430.
9. Goias, G. 1987. Effect of seed color on seed deterioration. *Soybean genetic news letter.* 14 : 71-73.
10. Green, D. E., L. E. Cavanah, and E. L. Pinnell. 1966. Effect of seed moisture content, field weathering, and combine cylinder speed on soybean seed quality. *Crop Sci.* 6 : 7-10.
11. Green, D. E. and E. L. Pinnell. 1968. Inheritance of soybean seed quality. I, Heritability of laboratory germination and field emergence. *Crop Sci.* 8 : 5-11.
12. Gupta, P. C. 1976. Note on the effect of genetic and Physiological seed size on viability and vigor of Lee soybean. *Seed Res.* 4 : 132-135.
13. Hobbs, P. R., and R. L. Obendorf. 1972. Interaction of initial seed moisture and

引用文獻

1. Bramlage, W. J., A. C. Leopold, and D. J. Parrish. 1978. Chilling stress to soybean during imbibition. *Plant Physiol.* 61 : 525-529
2. Bramlage, W. J., A. C. Leopold, and J. E. Specht. 1979. Imbibitional chilling sensitivity among soybean cultivars. *Crop Sci.* 19 : 811-814

- imbibitional temperature on germination and productivity of soybean. *Crop Sci.* 12 : 664–667.
14. Kilen, T. C., and E. E. Hartwig. 1978. An inheritance study of impermeable seed in soybeans. *Field Crop Research* 1 : 65–70.
 15. Larson, A. L. 1968. The effect soaking pea seeds with or without seed coat has on seedling growth. *Plant Physiol.* 43 : 255–259.
 16. Ludders, V. D., and J. S. Burris. 1979. Effects of broken seed coats on field emergence of soybean. *Agron. J.* 71 : 877–879.
 17. Marbach, I., and A. M. Mayer. 1974. Permeability of seed coats to water as related to drying conditions and metabolism of phenolias. *Plant Physiol.* 54 : 187–820.
 18. McDonald, Jr., M. B. 1985. Physical seed quality of soybean. *Seed Sci. & Technol.* 13 : 601)628.
 19. McDonald, M. B., C. W. Vertucci, and E. E. Roos. 1988. Seed Physiology, production and technology : Seed coat regulation of soybean seed in imbibition. *Crop Sci.* 28 : 987–992.
 20. Mugnisiah, W. Q. and S. Nakamura. 1986. Vigour of soybean seed as influenced by sowing and harvest dates and seed size. *Seed Sci. & Technol.* 14 : 8