

葉溫 및 光強度에 따른 大豆品種間的 光合成能力에 관한 研究

尹炳星¹⁾, 趙東夏²⁾, 安相得²⁾, 金怡勳¹⁾

¹⁾ 江原大學校 農科大學 農學科

²⁾ 江原大學校 農科大學 資源植物開發學科

Studies of photosynthesis rate on the leaf temperature and light intensity in Soybean Cultivars

Byeong-Sung Yoon¹⁾, Dong-Ha Cho²⁾, Sang-Deuk Ahn²⁾, E-Hun Kim¹⁾

¹⁾ Dept. of Agronomy Kangwon Nat'l Univ., Chunchon, Korea

²⁾ Dept. of Plant Resources, Kangwon Nat'l Univ., Chunchon, Korea

Abstract

This study was conducted to investigate the Net photosynthesis and respiration rates among the varieties of Soybean(Eunha, Pangsa and Paldal that have high yields) at various leaf temperature and light intensity at the stage of V_5 . The relations between the Net photosynthesis rate and SLW(specific leaf weight) and chlorophyll content were also investigated. 1. Net photosynthesis rates at 25°C were 21.5mgdm⁻²h⁻¹ in cv. Eunha, 20.2mgdm⁻²h⁻¹ in cv. Pangsa and 18.5mgdm⁻²h⁻¹ in cv. Paldal. 2. Most cultivars of Soybean showed the maximum rates of Net photosynthesis at 25°C, especially in cv. Eunha. Also Net photosynthesis rates differed depending on the leaf shape. Long leaf shape(cv. Eunha) was better than round leaf shape(cv. Paldal) in Net photosynthesis rate. 3. Respiration rates of leaves in Eunha, Pangsa and Paldal were 0.56mgdm⁻²h⁻¹ at 15°C, 0.79mgdm⁻²h⁻¹ at 20°C, 1.15mgdm⁻²h⁻¹ at 25°C and 1.37mgdm⁻²h⁻¹ at 30°C. 4. Specific leaf weight were 3.1mg/cm² in Pangsa, 3.5mg/cm² in Eunha and Paldal. No significant difference were showed in net photosynthesis rates and specific leaf weight. 5. Leaf chlorophyll content were 2.48μg/gF.W. in Eunha, 2.19μg/gF.W. in Pangsa and 1.67μg/g F.W. in Paldal. Significant difference were showed in Net photosynthesis rates and Leaf chlorophyll content. 6. The estimated compensation points at which net photosynthesis approached zero were 10μEm⁻²s⁻¹ in Eunha, Pangsa, and Paldal at 15°C. The compensation point in cv. Eunha at 20°C was 12μEm⁻²s⁻¹ while 13μEm⁻²s⁻¹ in Pangsa and Paldal. The compensation point in cv. Paldal at 25°C was 18μEm⁻²s⁻¹ while 16μEm⁻²s⁻¹ in Eunha and Pangsa. The compensation point in cv. Paldal at 30°C was 23μEm⁻²s⁻¹ in Paldal while 22μEm⁻²s⁻¹ in Eunha and Pangsa.

Key words : Chlorophyll content, Compensation point, Net photosynthesis, Respiration rate, Specific leaf weight.

緒 論

콩은 東洋 最古作物의 하나로서 우리나라의 콩栽培는 전국에 고루 栽培되고 있으며, 오랫동안 國民營養上 중요한 蛋白質 및 脂肪의 供給源이 되어 왔다. 우리나라는 6월 말과 7월 중순의 氣象조건이 좋지 못하여 光合成能力을 감소시킬 뿐만 아니라 收量도 저하시키므로^{8,9,10} 이시기에 해당하는 5本葉期(V₅)³에 光合成과 呼吸에 관련된 要素를 葉의 特性과 比較해보는 것은 기본적 資料를 얻기 위하여 중요한 일이다.

銀河¹²는 도입한 品種으로 個體당 花數가 많고 長葉型이며 3粒莢의 比率이 높은 D69-7816을 母本으로 하고 耐病耐倒伏多收性인 短葉콩(Essex)을 父本으로 人工交配하여 育成한 품종이며 上部節間長이 길어 密植에 적합하지 않고, 콩塊痘바이러스病(SMV-N)에는 強하나 콩모자이크 바이러스病(SMV)에는 약한 體형을 가지고 있다. 또한 八達⁷도 미국 導入種으로 短莖인 Elf를 母本으로 하고 耐病多分枝性 系統인 SS 74185를 父本으로 하여 交雜 1985년에 育成한 품종이다. 放射는 全國 어디서나 栽培可能하고 收量性이 높으나, 熟期가 늦은 晚生種이므로 早播하여야 하며 植物體가 多分枝性이므로 密植栽培에 適合하지 못하다. 八達은 莖長이 짧아 機械化 栽培에 適合하고 收量은 높으나, 100粒重이 16g 이상이고 배꼽이 검어 實用性에서 選好가 낮다.

본 研究는 銀河(Long)¹² 放射(Oval)⁶ 八達(Round)⁷의 5本葉期(V₅)³에 葉溫別, 波長別 光合成能力을 測定하고, 葉의 特性인 比葉重, 葉綠素의 含量과 光合成能力과의 關係를 考察하고자 실시하였다.

材料 및 方法

1. 植物 材料

江原大學校 農科大學 포장에서 供試品種으로 銀河, 放射, 八達을 1/5000a와그너 플라스틱 Pot에 3립씩 播種하여 제 1本葉期에 숙아 1개체만 남기었으며, 肥料施肥는 질소 2.0, 인산

3.5, 칼륨 3.0, 규토 2.0, 붕소 0.075Kg, 1단보당 50kg 施肥水準으로 換算하여 試用하였다. 施肥前 土壤의 理化學的 特性은 pH 6.3, EC 0.174mmhos/cm¹¹, O.M. 1.6%, P₂O₅ 194ppm, Exch.(Exchangeable cation)은 K 0.32, Ca 4.43, Mg 1.10me/100g이었다.

2. 光合成能力 및 葉綠素 測定

大豆의 生育時期 判別은 Fehr et al³의 生育時期 表示法에 準하여 5本葉期(V₅)에 측정하였고, 土壤의 水分狀態의 調節을 위하여 Tensionmeter를 1.5-2.2pF¹¹로 유지시켰으며, 光合成과 呼吸速度는 個葉을 아크릴 同化箱內의 濕度는 100%의 공기를 2ℓ/min비율로 供給하였으며, 소형 Fan을 부착시켜 1m/sec의 풍속을 유지하였다. 葉溫을 15°C, 20°C, 25°C, 30°C로 각각 유지될 수 있게 하기 위하여 Water Circulator(Yamato, CTE-220W)와 얼음물을 사용하였다. 온도는 熱傳對式測定法에 의해 Thermocouple을 사용하여 자동기록계에 의해 측정하였다. 同化箱子內의 光處理는 100W 짜리 白熱電球에 slidax를 연결하여 전압을 조절하였으며, 光合成活性輻射線(PAR) 範圍는 Quantum Radio Photometer(Crump, Cat, No 550)로 100μEm⁻²s⁻¹부터 1000μEm⁻²s⁻¹이었으며, 試料를 Pot채로 1일 전에 室內에 두어 馴化(acclimation)시켰다. 呼吸速度는 검은색 Curtain으로 同化箱의 빛을 완전히 차단하여 測定하였다. 葉面積은 Digital Planimeter(Placom KP-90)로 측정하였고, 光合成率을 측정된 葉의 葉面積에 대한 葉重을 計算하여 比葉重(SLW)으로 하였다. 葉面積에 대한 葉綠素 含量(a+b)은 Hiscox & Israelstam의 DMSO(dimethylsulfoxide)법⁵에 의하여 葉綠素를 抽出, UV-visible Recording Spectrophotometer(shimadzu uv-240)로, 652nm의 吸光部位에서 生體重當으로 換算하였다.

結果 및 考察

1. 光合成速度에 미치는 光과 葉溫의 影響

5本葉期(V₅)에 銀河의 純光合成速度(Net Photosynthesis)를 측정된 결과를 Fig. 1에 나타냈다. 光飽和點과 光合成速度가 溫度간의 차이를 보였는데 15°C에서 光飽和點이 600 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 로 나타났고, 이때의 光合成速度는 14.9 $\text{mgdm}^{-2}\text{hr}^{-1}$ 로 가장 낮았다. 반면에 25°C에서는 光飽和點이 800 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 였고 光合成速度는 21.5 $\text{mgdm}^{-2}\text{hr}^{-1}$ 로 가장 높았다. 20°C와 30°C는 光飽和點이 700 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 이었고 光合成速度는 17.3 $\text{mgdm}^{-2}\text{hr}^{-1}$, 18.8 $\text{mgdm}^{-2}\text{hr}^{-1}$ 이었다. 光補償點은 15°C에서 10 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$, 20°C에서 12 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$, 25°C에서 16 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$, 30°C에서는 22 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 이었다(Fig. 1-A).

放射의 純光合成速度(Net Photosynthesis)를 측정된 결과를 Fig. 1-B에 나타냈다. 역시 光飽和點과 光合成速度가 溫度간의 차이를 보였는데 15°C에서 光飽和點이 700 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 로 나타났고, 이때의 光合成速度는 13.1 $\text{mgdm}^{-2}\text{hr}^{-1}$ 로 가장 낮았다. 반면에 25°C에서는 光飽和點이 800 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 로 光合成速度도 20.2 $\text{mgdm}^{-2}\text{hr}^{-1}$ 가장 높았다. 20°C와 30°C는 光飽和點이 700 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 으로 光合成速度는 16.5 $\text{mgdm}^{-2}\text{hr}^{-1}$, 16.9 $\text{mgdm}^{-2}\text{hr}^{-1}$ 이었다.

팔달의 純光合成速度(Net Photosynthesis)를 측정된 결과를 Fig. 1-C에 나타냈다. 역시 光飽和點과 光合成速度가 溫度간의 차이를 보였는데 15°C에서 光飽和點이 600 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 로 나타났고, 이때의 光合成速度는 13.8 $\text{mgdm}^{-2}\text{hr}^{-1}$ 로 가장 낮았다. 반면에 25°C에서는 光飽和點이 800 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 로 光合成速度도 18.5 $\text{mgdm}^{-2}\text{hr}^{-1}$ 로 가장 높았다. 20°C와 30°C는 光飽和點이 700 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 으로 光合成速度도 16.7 $\text{mgdm}^{-2}\text{hr}^{-1}$, 16.8 $\text{mgdm}^{-2}\text{hr}^{-1}$ 이었다. 光補償點은 15°C에서 10 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$, 20°C에서 13 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$, 25°C에서 18 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$, 30°C에서는 23 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 이었다. 光合成速度가 최고로 높은 25°C에서 品種간 純光合成速度(Net Photosynthesis)의 차이를 葉面積의 크기를 같게 환산하여 Fig. 2에 나타냈다. 300 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 까지는 品種간의 光合成速度의 차이가 별로 없었으나 500 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 이후에는 차이가 컸다. 銀河가 21.5 $\text{mgdm}^{-2}\text{hr}^{-1}$ 로 가장 높았으며 八

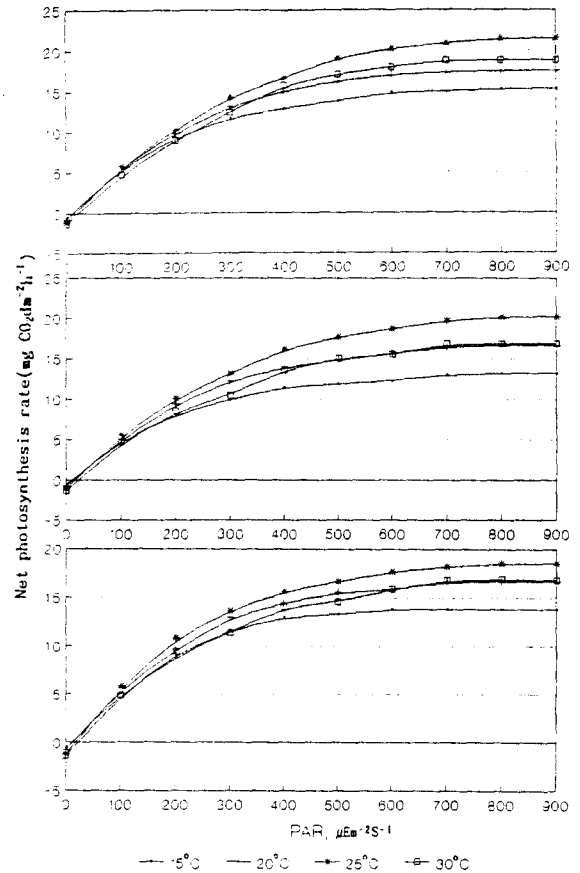


Fig. 1. Effects of Photosynthetically active radiation on net photosynthesis rate at various leaf temperature.

A : Eunha B : Pangsa C : Paldal

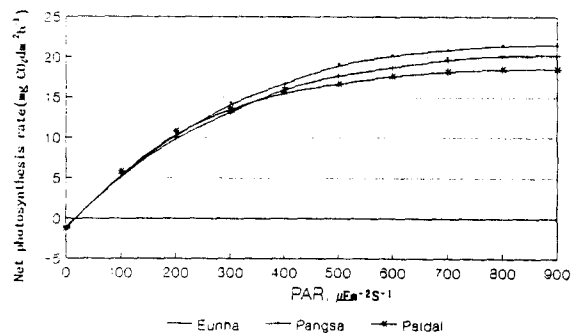


Fig. 2. Effects of photosynthetically active radiation on net photosynthesis rate of three varieties at 25°C leaf temperature.

달이 $18.5\text{mgdm}^{-2}\text{hr}^{-1}$ 로 낮았다.

이상에서 볼때 銀河가 전체적으로 純光合成速度 (Net Photosynthesis)가 높았으며 20°C 와 30°C 에서는 放射와 八達의 光合成速度가 같았고, 最大光合成速度를 갖는 25°C 에서 銀河, 放射, 八達 순이었다. 이것은 잎의 形態로 볼때 Long>Oval>Round의 순서였다.

Dreger는²⁾ 大豆의 9개 品種의 光合成能力을 측정한바 光合成速度가 $18.7\text{--}23.0\text{mgCO}_2\text{dm}^{-2}\text{h}^{-1}$ 이었다고 했고 Curtis등은¹⁾ 36개 品種에 대한 보고에서 光合成速度는 $12\text{--}24\text{mgCO}_2\text{dm}^{-2}\text{h}^{-1}$ 이라고 하였다. 葉의 呼吸速度는 銀河, 放射, 八達에서 15°C $0.56\text{mgdm}^{-2}\text{h}^{-1}$, 20°C $0.79\text{mgdm}^{-2}\text{h}^{-1}$, 25°C $1.0\text{mgdm}^{-2}\text{h}^{-1}$, 30°C $1.4\text{mgdm}^{-2}\text{h}^{-1}$ 나타났는데, 이는 낮은 온도에서는 기공의 저항으로 인해 호흡율이 떨어진다고 사료되며, 가장 호흡율이 높은 것은 30°C 로 나타났다. 5本葉期(V_5)³⁾에 있어 葉溫에 따르는 大豆 品種의 呼吸速度의 변화는 溫度間에는 高度의 有意性이 있었으나 品種間에는 有意性이 없었다(Fig. 3).

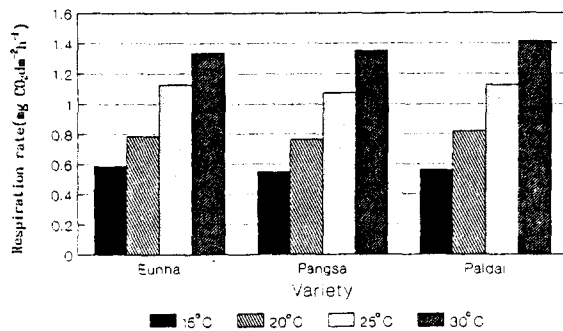


Fig. 3. Effects of respiration rate of three varieties at the different leaf temperature.

2. 比葉重과 光合成, 葉綠素含量과 光合成과의 關係

大豆 品種에서 光合成産物의 貯藏能力을 나타내는 比葉重과 光合成과의 關係를 Fig. 4에 나타냈다. 역시 5本葉期(V_5)³⁾에 測定한 것으로 放射가 $3.083\text{mg}\cdot\text{cm}^2$ 으로 낮았고, 銀河가 3.448 , 八達이 $3.456\text{mg}/\text{cm}^2$ 이었다. 그림에서 보는 바와 같이 比葉重이 높다고 光合成速度가 높지는 않았다. 이것은

Wadanabe등¹⁴⁾은 比葉重과 光合成은 有意性이 없다는 것과 일치했다. 그러나 Shibles등¹³⁾의 연구에 있어 營養生長期에 比葉重과 光合成과는 부의 相關이 나타난다고 한것과는 일치하지 않는다. 그러므로 大豆의 比葉重과 光合成에 대한 關係는 生理學적 의미에 있어 더 研究 檢討되어야 할 것으로 사료된다.

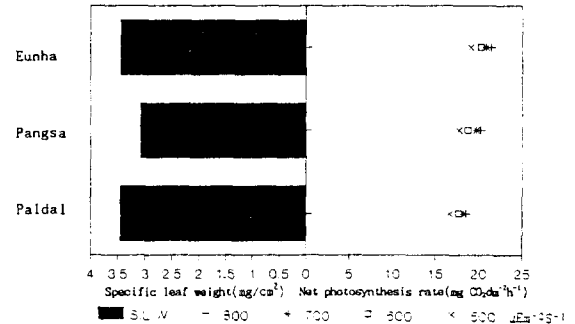


Fig. 4. Specific Leaf Weight at the different varieties and net photosynthesis rate among the PAR.

3가지 大豆 品種에서 5本葉期(V_5)³⁾에 葉溫이 25°C 일때 葉綠素 含量과 光合成과의 關係를 Fig. 5에 나타냈다. 葉綠素含量은 銀河가 $2.48\mu\text{g}/\text{gFW}$ 으로 가장 높았고, 放射가 $2.19\mu\text{g}/\text{gFW}$ 이었고, 八達이 $1.67\mu\text{g}/\text{gFW}$ 로 가장 낮았다. 葉綠素의 含量과 光合成과의 關係를 보면 $700\text{--}800\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 에서 葉綠素含量과 光合成과는 5% 有意水準에서 相關關係가 인정되었으나, $500\text{--}600\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 에서는 葉

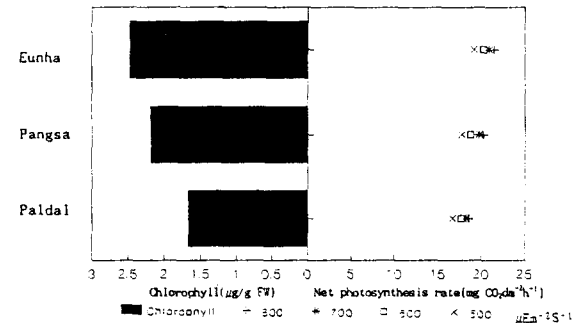


Fig. 5. Leaf Chlorophyll Contents at the different varieties and net photosynthesis rate among the PAR.

綠素含量과 光合成과는 相關關係가 인정되지 않았다. 이것은 角田⁴⁾는 대두의 48개 품종의 光合成과 葉綠素의 含量이 開化期에서만 뚜렷한 正의 相關이 인정된다고 한것에 대하여, 光合成活性輻射線을 달리하면서 조사할 필요가 있다고 생각된다. 그러므로 大豆의 葉綠素 含量과 光合成의 관계는 새로운 測定 方法에 의해 더 研究 檢討되어야 하겠다. 結果를 綜合하여 볼 때 5本葉期(V₅)에 大豆 品種은 葉型과 葉溫에 따라 光合成速度의 차이가 있음을 확인할 수 있었다.

摘 要

大豆 收量이 우수한 銀河, 放射, 八達 栽培品種을 光合成活性輻射線(PAR)範圍에서 5本葉期(V₅)에 葉溫을 달리하여 光合成速度와 呼吸速度의 變化를 측정하였고, 品種別 葉의 특성인 比葉重(SLW), 葉綠素含量과 光合成과의 관계를 조사한 結果는 다음과 같다.

1. 25°C에서 純光合成速度(Net Photosynthesis)는 銀河 21.5mgdm⁻²h⁻¹, 放射 20.2mgdm⁻²h⁻¹, 八達 18.5mgdm⁻²h⁻¹이었다.
2. 全品種 모두 葉溫 25°C에서 光合成速度가 가장 높았고 銀河 品種이 優秀했으며, 葉型은 銀河(Long) > 放射(Oval) > 八達(Round) 순서였다.
3. 葉의 呼吸速度는 銀河, 放射, 八達에서 15°C 0.56mgdm⁻²h⁻¹, 20°C 0.79mgdm⁻²h⁻¹, 25°C 1.15mgdm⁻²h⁻¹, 30°C 1.37mgdm⁻²h⁻¹였다.
4. 比葉重은 放射가 3.1mg/cm²이었고, 銀河와 八達は 3.5mg/cm²이었으며 比葉重과 光合成과는 有意성이 인정되지 않았다.
5. 葉綠素 含量은 銀河가 2.48μg/gF.W.으로 가장 높았고, 放射가 2.19μg/gF.W.이었고 八達이 1.67μg/gF.W.로 가장 낮았으며 葉綠素 含量과 光合成과는 有意성이 인정되었다.
6. 光補償點은 15°C에서는 10μEm⁻²s⁻¹로 모두 같았으나, 20°C에서 銀河는 12μEm⁻²s⁻¹이었고, 放射와 八達は 13μEm⁻²s⁻¹이었다. 25°C에서는 銀河와 放射가 16μEm⁻²s⁻¹이었지만 팔달은 18μEm⁻²s⁻¹이었고, 30°C에서는 銀河와 放射가 22μEm⁻²s⁻¹이었지만, 팔달은 23μEm⁻²s⁻¹이었다.

引用文獻

1. Curtis, P.E., W.L. Ogren and R. Hageman. 1969. Varietal effects in soybean photosynthesis and photorespiration. *Crop Sci.* 9 : 323-327.
2. Dreger, R.H., W.A. Brun and R. L. Copper. 1969. Effect of genotype on the photosynthetic rate of soybean. *Crop Sci.* 9 : 429-431.
3. Fehr, W. R., C. E. Caviness, D.T. Burmood and J. S. Pennington. 1971. Stage of development descriptions for soybean, *Glycine Max. L. Merrill.* *Crop Sci.* 11 : 929-931.
4. 角田 重三郎. 1958. 農業及園藝 33(11) : 1625-1629.
5. Hiscox, J.D. and G.F. Israelstam. 1979. A method the exctration of chlorophyll from leaf without maceration. *Can. J. Bot.* 57 : 1332-1334.
6. 洪殷熹, 黃永紘, 李英豪, 文倫浩, 咸泳秀, 權臣韓. 1985. 耐病 多收性 나물콩 新品種 “放射콩”. *農試論文集.* 27(2) : 183-185.
7. 洪殷熹, 黃永紘, 李英豪, 文倫浩, 朴義浩, 朴來敬. 1987. 콩 短莖密植適應多收性 新品種 “八達콩” *農試論文集.* 29(1) : 203-209.
8. 金怡勳. 1992. 콩의 收量에 影響을 미치는 氣像要素 評價 韓作誌. 37(4) : 335-347.
9. 金滋植. 1988. *Dong-A Encyclopedia.* 24 : 224-226.
10. 김광식. 1982. 農業氣象學. 鄉文社. 1 : 31-33.
11. Raymond W. Miller. 1990. Energy classification for soil water. Prentice-Hall. 116 : 121.
12. 申斗澈, 朴昶琪, 趙銀基, 咸惠基, 張淳德, 鄭根植, 徐亨洙. 1988. 小粒 耐病 多收性 나물콩 新品種 “銀河콩”. *農試論文集.* 30(1) : 17-20.
13. Shibles, R., J. Secor and D. M. Ford. 1987. Carbon assimilation and metabolism. 2nd ed. J.R. Wilcox, ASA, CSSA and SSSA, Wisconsin. 535
14. Wadanabe, Iwao and Kosei Tabuchi. 1973. Mechanism of varietal differences in photosynthetic rate of soybean leaves. *Crop Sci. Sco. Jpn.* 42 : 437-441.

(접수일 1994.12.10)