

# Pressure Chamber Technique에 의한 大豆莖葉의 水分特性 研究

金 怡 勲\*

## A Study on the Water Relation Characteristics of the Soybean Shoots through the Pressure Chamber Technique

Kim, E Hun\*

### ABSTRACT

The water relations parameters such as original osmotic pressure ( $\pi_0$ ), osmotic pressure ( $\pi_p$ ) at the incipient plasmolysis, the volume of osmotic water ( $V_o$ ) at the full turgor, the relative water content (RWC\*) at the incipient plasmolysis, the volume of osmotic water ( $V_p$ ) at the incipient plasmolysis, the volume of symplasmic and apoplastic water ( $W_s$ ) at the maximum turgor,  $V_p/V_o$ ,  $V_o/W_s$ ,  $W_s/D_w$ ,  $V_o/F_w$  and the elastic modulus were measured through the pressure chamber (DIK-PC-40 Model) technique with the Williams and Geumgangdaerip soybean cultivar shoots.

The original osmotic pressure ( $\pi_0$ ) of the both cultivars shoots were appeared insignificant differences as 8.1 bar and 7.8 bar respectively. The osmotic pressure ( $\pi_p$ ) at the incipient plasmolysis was 9.0 bar in Williams and 10.4 bar in Geumgangdaerip. The relative water content (RWC\*) at the incipient plasmolysis was 86.0 per cent in Geumgangdaerip and 92.6 per cent in Williams. The ratio of volume of osmotic water ( $V_p$ ) at the incipient plasmolysis to total symplasmic water ( $V_o$ ), i.e.,  $V_p/V_o$  was 83.4 per cent in Geumgangdaerip and 90.4 per cent in Williams. The elastic modulus of Geumgangdaerip shoots showed higher value than Williams ( $8.5 \times 10^2$  bar) as  $1.6 \times 10^5$  bar.

### 緒 言

Dixon (1914)에 의하여 植物體內의 水分을 外部의 氣體壓力으로 測定하는 方法이 提示된 以來 Scholander (1964, 1965)에 의하여 pressure chamber technique 이 確立되었으며 Tyree 와 Hammel (1972)은 이에 대한 理論式을 發表하여 現今, 樹木의 個葉 또는 shoot의 水分特性에 대한 生態學的 解析에 適用되고 있다.<sup>2, 12, 13, 14)</sup>

pressure chamber technique을 使用하면 植物體의 單一葉 또는 shoot의 水分特性 즉 氣孔開閉와

關係가 깊은 初期原形質分離點 (膨壓이 0일 때)에서 的 滲透壓이 쉽게 測定될 뿐만 아니라 葉의 相對含水率 彈性(係數等 耐乾性 判別에 有用한 相對值가 容易하게 關係式에 의하여 推定算出되므로 植物體의 水分動態를 研究하는데 有用한 方法으로 採擇되고 있다.

본 實驗은 pressure chamber technique을 使用하여 大豆栽培品種의 shoot에 대한 水分特性을 把握하고자 實施한 것이다.

### 材料 및 方法

測定材料은 伸育型이 다른 Williams (無限)와 금

\* 江原大學校 農科大學.

\* Department of Agronomy, Kangweon National University, Chuncheon 200, Korea.

강대림(有限)을 江原大學校 構內 試驗圃場에서 관형법(N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O, 4: 4: 6kg/a)으로 栽培해서 使用하였으며 午前 10時부터 11時 사이에 光을 充分히 받고 있는 大豆植物體, 頂葉으로부터 제 15 葉 내지 16 葉의 shoot를 切取, 이것을 10時間 程度 飽水시킨 후 chamber의 고무마개에 끼올때는 물에 잠긴상태에서 11葉 내지 13葉의 shoot로 切斷하여 試料로 使用하였다. 各 平衡壓力(bar) 斷階에서 shoot의 浸出量을 測定하기 위하여 浸出水를 吸水하는 吸濕紙를 vinyl tube (內徑 1.5mm, 깊이 5cm) 속에 넣어 吸水시킨 후, 浸出이 끝날때까지 매 10분 마다 무게의 增加를 秤量하였다.

Pressure chamber의 壓力은 N<sub>2</sub>가스를 使用하였으며 最初浸出量의 測定은 3bar에서 시작하여 各 平衡壓力 段階에서 浸出量이 끝나면 다시 2bar씩 加壓하여 Williams는 15 bar 까지 금강대림은 17 bar까지 測定하였다.

測定 後 dry oven에서 80°C로 1日間 乾燥시킨 다음 乾物重을 算出하였으며 apoplastic water의 量도 求하였다. 本 實驗에 使用한 植物體內 水分張力 測定器는 Scholender의 pressure bomb 장치에서 加壓과 各 平衡壓力段階에서의 浸出水 判別의 難點을 同時에 補完한 DIK-PC-40型(大起理化學: 日製)이 있으며(Fig. 1. 참조), 膨壓, 滲透壓, 原形質分離點의 生細胞群內의 相對含水率等 水分特性에 關한 諸要因은 Tyree와 Hammel (1972)의 理論을 基礎로 Cheung et al, (1975)의 方法에 準하여 求하였다.

Tyree와 Hammel 理論의 概要는 다음과 같다. pressure chamber 使用의 경우 飽水된 試料 shoot

의 물의 浸出量(V<sub>e</sub>)과 이때의 가스壓力(P)은 平衡狀態에서는 다음식이 成立된다.

$$1/P = V / (RTN_s - F(V)) = (V_0 - V_e) / (RTN_s - F(V)) \dots\dots\dots (1)$$

但: V<sub>0</sub>: 最大飽水時 shoot의 生細胞群內 물의 容量

N<sub>s</sub>: 細胞內溶質의 全 osmole 數

F(V): 膨壓, F(V)/V = P<sub>vat</sub>: shoot의 細胞內 平均膨壓

R: 가스定數, T: 絕對溫度

試料(shoot)의 물의 浸出量이 어떤 一定한 값 即 V<sub>e</sub>\* = V<sub>0</sub> - V<sub>p</sub>의 값을 超過하면 膨壓이 0이 되므로 (1)式은 (2)式으로 된다.

$$1/P = (V_0 - V_e) / RTN_s = 1/\pi \dots\dots\dots (2)$$

但: V<sub>p</sub>: 膨壓이 0로 될때 shoot의 細胞內 물의 容量

π = shoot의 滲透壓

(2)式에서 V<sub>e</sub>와 1/P는 直線式이 成立되고 V<sub>e</sub> < V<sub>e</sub>\* 범위에서는 膨壓때문에 曲線式이 成立된다. 이 curvilinear式에서 直線과 曲線의 交點으로부터 V<sub>e</sub>\*와 V<sub>p</sub>를 求할 수 있고 膨壓이 0이될 때 即 初期原形質分離點에서의 滲透壓(π<sub>p</sub>)도 求할 수 있다. 또한 V<sub>0</sub> (sympasmic water)와 π<sub>0</sub>(最大飽水時의 滲透壓)도 쉽게 求할 수 있다. 뿐만 아니라 (1)式에서 N<sub>s</sub> = π<sub>0</sub> V<sub>0</sub> / RT를 代入시키면 (3)式을 얻어 P<sub>vat</sub>도 容易하게 求할 수 있다.

$$P_{vat} = \pi_0 V_0 / (V_0 - V_e) - P \dots\dots\dots (3)$$

(3)式에서 P<sub>vat</sub>가 算出되던 다음 (4)式에 依하여 彈性係數도 求할 수 있다.

$$P_{vat} = \begin{cases} E \left( \frac{V - V_p}{V_p} \right)^n, & V \geq V_p \text{ 일 때} \\ 0, & V < V_p \text{ 일 때} \end{cases} \dots\dots\dots (4)$$

但: E: 彈性係數, n: 非直線係數,

V<sub>p</sub>: 初期原形質分離時 試料의 물의 浸出量 (膨壓이 0일 때 shoot細胞內 물의 容量)

### 結果 및 考察

試料, Williams와 금강대림의 pressure chamber에서 測定된 各 平衡壓力段階에서의 shoot의 물의 總浸出量(V<sub>e</sub>)과 가스平衡壓力의 逆數(1/P), 즉 pressure-volume plot의 測定結果는 그림 2, 3과 같다.

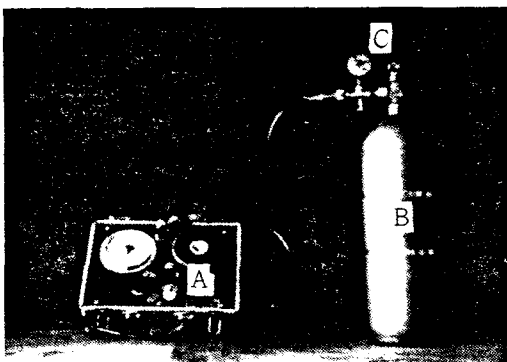


Fig. 1. DIK-PC-40 Model Pressure Chamber Apparatus.

Note: A: Pressure chamber, B: Gas bottle, C: Pressure gauge.

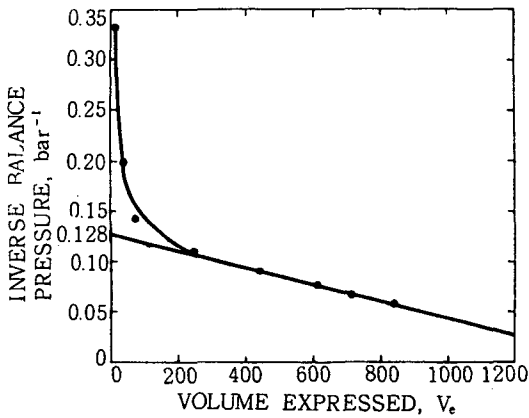


Fig. 2. Plot of the inverse balance pressure ( $1/P$ ) versus the volume of expressed water from the Geumgangdaerip soybean shoot.

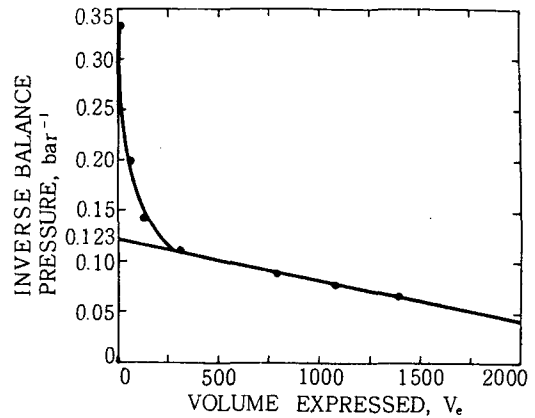


Fig. 3. Plot of the inverse balance pressure ( $1/P$ ) versus the volume of expressed water from the Williams soybean shoot.

Table 1. Water relations parameters of Williams and Geumgangdaerip soybean cultivar's shoots.

Cultivar	$\pi_o$ (bar)	$\pi_p$ (bar)	$V_p/V_o$ (%)	$V_o/W_s$ (%)	RWC* (%)	$W_s/D_w$ (%)	$V_o/F_w$ (%)	$\epsilon$ (bar)
Williams	8.1	9.0	90.4	77.5	92.6	579.6	66.1	$8.5 \times 10^2$
Geumgangdaerip	7.8	10.4	83.4	84.3	86.0	515.3	70.6	$1.6 \times 10^5$

Note :  $\pi_o$  is the original osmotic pressure,  $\pi_p$  is the osmotic pressure at the incipient plasmolysis,  $V_o$  is the volume of osmotic water at the maximum turgor,  $V_p$  is the volume of osmotic water at the incipient plasmolysis,  $W_s$  is the volume of symplastic and apoplastic water at the maximum turgor, RWC\* is the relative water content at the incipient plasmolysis,  $F_w$  is the fresh weight, and  $D_w$  is the dry weight.

$V_e > V_e^*$  節處에서 얻은 直線關係는 모두 相關係數가 0.99 以上の 값으로 본 實驗이 (2)式에 滿足되고 있다.

또한 直線과 縱軸과의 交點은 最大飽水時의 shoot 의 滲透壓( $\pi_o$ )의 逆數인 바 Williams는 0.123, 금강대립은 0.128 이었다. 第1表에 이 값들을 壓力(bar)으로 환산하여 表示하였다.

直線과 曲線의 交點에서 橫軸을 읽으면 膨壓이 0 일 때(初期原形質分離點), shoot 의 生細胞群內의 물의 容量( $V_p$ )를 의미하며 縱軸을 읽으면  $V_p$  때의 壓力 즉 膨壓이 0 일 때의 滲透壓( $\pi_p$ )을 의미한다. 또한 直線과 橫軸과의 交點은 shoot 의 生細胞群內의 물의 量, 즉 滲透水의 總量( $V_o$ )을 의미한다.

몇가지 중요한 水分特性의 比較를 위하여 相對率로 환산 그림 4에 表示하였다.

供試材料의 크기에 따라  $V_e^*$ ,  $V_p$ ,  $V_o$ 의 값은 달

라지므로  $V_p/V_o$ ,  $V_o/W_s$ , 및 RWC\*와 같은 相對值를 계산하여야 水分特性을 比較할 수 있으므로 이에 대한 값을 第1表에 表示하였다. 또한 兩栽培品種에 대한 彈性係數를 第1表에, 그리고 그림 5에 顯示하였다.

$V_p/V_o$ 는 生細胞의 細胞內 滲透壓에 影響을 미치는 水分量으로, 飽水時의 값에 대한 初期原形質分離點에서의 값에 대한 比率이며,  $V_o/W_s$ 는 shoot 가 最大로 飽水되었을 때 갖고 있는 全水分量에 대한 生細胞群의 細胞內의 溶質을 溶解하는 滲透壓에 關連된 水分量이 차지하는 比率로 symplastic water 의 總量의 比率를 의미한다. RWC\*는 膨壓이 상실되어 0로 되는 初期原形質分離點에서의 相對含水率이다.  $\pi_o$ ,  $\pi_p$  값이 크면 膨壓은 相對的으로 커지며 水分포텐셜은 낮게 된다. 따라서 葉의 吸水에는 有利한 特性이 된다(16).

본 실험의 경우 Williams와 금강대립의 shoot의  $\pi_0$ ,  $\pi_p$ 의 값은 각각 8.1, 9.0, 7.8, 10.4 기압이었다.

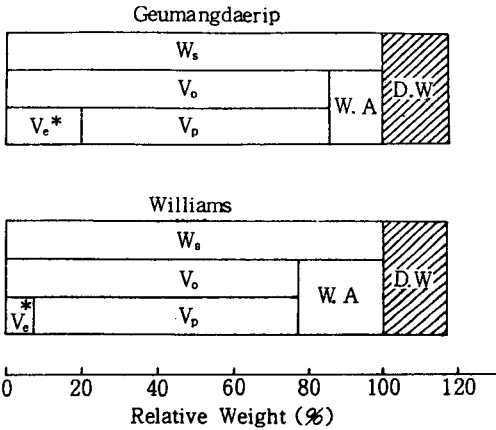


Fig. 4. The relative ratios of the main water relations parameters.

Note :  $W_s$  : The volume of the symplastic and the apoplastic water.  
 $V_0$  : The volume of osmotic water at the maximum turgor.  
 $V_p$  : The volume of osmotic water at the incipient plasmolysis.  
W. A : Apoplastic water.  
D. W. : Dry weight.  
 $V_e^* = V_0 - V_p$

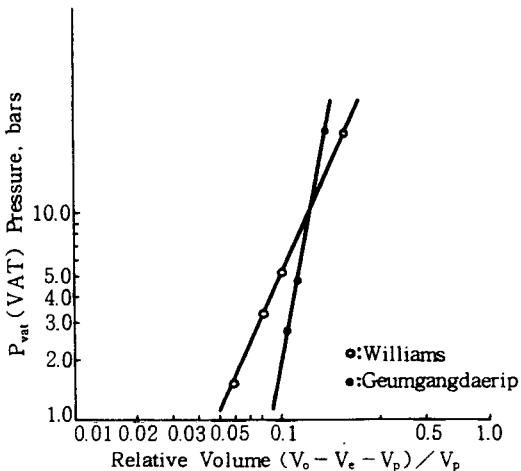


Fig. 5. The Dependence of the volum averaged turgor pressure on the relative volume of symplast.

또한 耐乾性에 有利한 品種일수록 初期原形質分離點에서 葉의 相對含水率이 낮은 것으로 報告되어 있다(2).

Williams의 경우 92.6%, 금강대립은 86.0%이었다.

$V_p/V_0$ 의 값은 적을수록 初期原形質分離가 遲延되는 것으로 報告되어 있다(2, 16). Williams는 90.4%, 금강대립은 83.4%이었다.

彈性係數는 葉 또는 生細胞群의 水分物理的 特性을 의미하므로 뚜렷한 解析의 難點을 內包하고 있으나 耐乾性이 強한 品種에서는 그 係數가 높은 것을 볼 수 있다(2, 5, 11).

금강대립은  $1.6 \times 10^5$  bar의 높은 값을 보이므로 葉의 形態的 特性과 關連한 水分 特性의 再檢討가 必要하다고 본다.

## 摘 要

Pressure chamber (DIC-PC-40型) technique에 의한 大豆栽培品種 Williams와 금강대립의 莖葉에 대한 水分 特性의 結果는 다음과 같다.

1. 最大飽水時의 滲透壓( $\pi_0$ )은 Williams가 8.1 bar 금강대립이 7.8 bar로 僅少한 差異를 보였다.
2. 初期原形質分離點에서의 滲透壓( $\pi_p$ )은 Williams 9.0 bar, 금강대립은 10.4 bar였다.
3. 初期原形質分離點에서의 相對含水率(RWC\*)은 금강대립이 86.0%, Williams가 92.6%였다.
4. 滲透水의 總量에 대한 原形質分離點에서의 浸出量比( $V_p/V_0$ )는 Williams가 94.0%, 금강대립이 83.4%였다.
5. 最大含水量에 대한 滲透水의 總量의 比( $V_0/W_s$ )는 금강대립이 84.3%, Williams가 77.5%였다.
7. 彈性係數는 금강대립이  $1.6 \times 10^5$  bar 이었으며 Williams는  $8.5 \times 10^2$  bar로 顯著한 差異를 보였다.

## REFERENCES

1. Beadle, C.L., N.C. Turner and P.G. Jarvis(1978) Critical water potential for stomatal closure in Sitka spruce. *Phyiol. Pl.* 43: 169-165.
2. Cheung, Y.N.S., M.T. Tyree and J. Dainty (1975) Water relations parameters on single leaves obtained in a pressure bomb some ecological interpretations. *Can. J. Bot.* 53: 1342-

- 1346.
3. ——— (1975) Some possible sources of error in determining bulk elastic moduli and other parameters from pressure-volume curves of shoots and leaves. *Can J. Bot.* 54: 758-765.
  4. Hanson, A.D. and C.E. Nelsen(1980) Water: Adaptation of crop to prone-environments. *The Bidiogy of Crop Productivity.* ed. P.S. Carlson, Chap. 3:131-135. Acad. Press, N.Y.
  5. Hickley, T.M., J.P. Lassoï and S.W. Running (1978) Temporal and spatial variation in the water status of forest trees. *Forest Sci. Monograph* 20: 1-5.
  6. Jones, M.M. and N.C. Turner(1978) Osmotic adjustment in leaves of sorghum in response to water deficit. *Plant Physiol.* 61: 122-126.
  7. Parsons, L.R.(1978) Water relations, stomatal behavior and root conductivity of red osier dogwood during acclimation to freezing temperatures. *P.J. Phyl.* 62: 64-70.
  8. Raper, Jr. C.D. and S.A. Barber(1970) Rooting systems. I. Differences in root morphology among varieties. *Agron. J.* Vol. 62: 581-584.
  9. Sionit, N. and P.J. Kramer(1977) Effects of water stress during different stages of growth of soybeans. *Agron. J.* Vol. 69: 274-278.
  10. Turner, N.C.(1979) Drought resistance and adaptation to water deficit in crop plants. ed. Mussel, H. and R.C. Staples. *Stress Physiology Crop Plants.* 343-372. A Wiley-Intersci. Pub. John Wiley & Sons, N.Y.
  11. Tyree, M.T. and H.T. Hammel(1979) The measurement of the turgor pressure and the water relations of plants by the pressure bomb technique. *J. of Expl. Bot.* Vol. 23: 267-282.
  12. Tyree, M.T. and J. Dainty(1972) The water relations of hemlock. *Tsuga canadensis*. II. The kinetics of water exchange between the symplast and apoplast. *Can. J. Bot.* 51: 1481-1489.
  13. Tyree. M.T., C. Caldwell and J. Dainty(1974) The water relations of hemlock. V. The localization of resistances to bulk water flow. *Can. J. Bot.* 53: 1078-1084.
  14. Tyree, M.T. and Y.N.S. Cheung(1977) Resistance to water flow in *Fagus grandifolia* leaves *Can. J. Bot.* 55: 2591-2599.
  15. Wilson, J.R., M.J. Fisher, E.D. Shulze, G.R. Dolby and M.M. Ludlow(1979) Comparison between pressure-volume and dewpoint-hygro-metry technique for determining the water relations characteristics of grass and legume leaves. *Oecologia (Berl.)* 41:77-88.
  16. 矢幡久 (1978) スギ在來品種の水分特性(I) — プレシチャーチャンバーによる葉の水分特性の測定法の検討, *日林九支論* 31: 114-121.