

## β선에 의한 식물잎의 수분함량측정

이충열† · 원준연\*

밀양대학교 농학과

\*중부대학교 환경조경학과

## Determination of Leaf Water Content by Beta Ray Transmission

Chung-Yeol Lee† and Jun-Yeon Won\*

Department of Agronomy, Miryang National University, Miryang 627-702, Korea

\*Department of Environmental Landscape Architecture, Joong-Bu University, Kumsan 312-940, Korea

### Abstract

Intact measurement of leaf water content was attempted using the transmission of beta radiation. Prior to the experiments, two tested plants, rice and soybean, were grown in 1/5000a wagner pot. The moisture ratio of plant leaves were measured with the beta radiation transmission method using a G-M detector and <sup>90</sup>Tc as the beta ray source.

Beta radiation transmission showed a tendency to increase with the passage of time after leaf cutting. However, it showed a tendency to decrease with water supply for the lack of water. A positive correlation was found between the leaf water content and beta radiation transmission. The multiple regression analysis about leaf water content was obtained that the coefficient of partial regression for beta radiation transmission was much higher (rice ; -0.863, soybean ; -0.904) than that for specific leaf area (rice ; 0.007, soybean ; 0.004).

Key words : Beta radiation, leaf water content, rice, SLA, soybean

### 서 론

식물체의 중량중 70~90%는 수분으로 이루어져 있으며, 이들 수분중 일부는 광합성과 같은 대사작용 등의 다양한 생리과정에 직접적으로 활용되고 있어 식물의 생육 및 물질생산에 중요한 역할을 지니고 있다.

일반적으로 식물의 수분흡수와 이동은 토양-식물-대기의 연속적인 시스템으로 토양에서부터 뿌리를 통하여 흡수된 수분은 지상부, 특히 잎에 잘 이동하여 광합성 및 각종 생

리대사기능에 영향을 미치면서 증산에 의해 대기로 상실해 간다<sup>4,6)</sup>. 이와 같은 수분이동시스템으로써 식물체내의 함유량은, 뿌리의 흡수력과 근계의 상태 등 식물의 생리적 기작에 의해서 좌우되기도 하고, 식물의 종류와 생육시기에 따라 수시로 바뀌기도 하며, 토양수분, 광강도, 온도 등과 같은 외부환경조건에 많은 영향을 받을 뿐만 아니라 기공에서의 증산에 의해서도 크게 변화한다. 따라서, 식물잎의 수분함량을 측정하는 것은 식물체내의 수분수지, 증산 및 외부환경과의 관련성등을 해석하는데에 매우 필요한 것으

† Corresponding author

로 사료된다.

보통, 식물잎의 수분함량을 측정하는 방법으로는 함수량 측정법<sup>1,2)</sup>과 용적법, Psychrometer method<sup>5)</sup>와 Pressure chamber method에 의한 수분포텐셜측정법<sup>3,7,12)</sup> 등이 있으나, 이들 방법은 잎을 절단하는 방법으로 동일개체에 대하여 연속적으로 측정하기에는 많은 어려움이 따른다. 또한, 식물잎의 함수량을 자연상태 그대로 측정하는 방법으로는 전기용량법, X선의 이용<sup>6)</sup> 등이 있으나, 야외 조건에서 사용하기에는 곤란한 점이 적지 않다.

그러나, 현재에는 다양한 종류의 인공방사성동위원소가 이용되어 공업방면에서는 β선과 γ선에 의한 물질의 밀도와 두께 측정에 쓰이고 있으며, 농업에서도 식물체의 두께와 함수량 측정에 β선과 γ선이 이용되고 있다. γ선은 식물잎에서 투과율이 많이 상실되기 때문에 사용의미가 적으나, β선은 그러한 우려가 적어 잎의 두께나 함수비를 측정하는데 적당한 것으로 보고되어 있다<sup>9)</sup>.

따라서, 본 실험은 잎 절단처리와 토양수분결핍처리에 의해 잎의 수분함량을 인위적으로 변화하였을 때 β선투과율의 반응을 측정하여 잎의 함수비와 β선투과율과의 관계를 밝히고 비파괴에 의한 식물잎의 수분함량측정법을 확립하고자 실시하였다.

### 재료 및 방법

공시재료는 벼와 콩을 이용하였으며, 1/5000a 와그너 포트에 파종하여 포트당 한 개체만을 생육시켰다. 정상적으로 생육한 개체만을 선발, 완전 전개한 잎을 그림 1에 나타난 바와 같은 β선장치에 벼잎의 경우는 중앙부를, 콩잎은 중앙엽맥을 기준으로 잎의 한쪽 가운데 부위를 각각 고정시킨 후, 약 10cm 위에 직경 1cm의 <sup>99</sup>Tc(100μci)를 놓은 다음, 잎의 아래쪽에는 G-M detector를 설치하였고, G-M detector의 주변은 차단하여 잎을 통과한 β선만을 감지할 수 있도록 하였으며, 출력은 기록계로 읽도록 하였다.

잎을 통과한 β선량(I)과 잎을 제외시켰을 때의 β선량(I<sub>0</sub>)을 각각 측정하여 β선투과율(I/I<sub>0</sub>)를 구하였다. 잎의 수분함량변화에 따른 β선투과율의 반응을 측정하기 위해 엽병 절단처리와 토양수분결핍처리를 하였으며, 엽내함수비와의 관계를 알아보기 위해 β선투과율을 측정한 후, 그 잎의 생체중과 엽면적을 조사한 다음, 80°C 건조기에 2일간 넣어

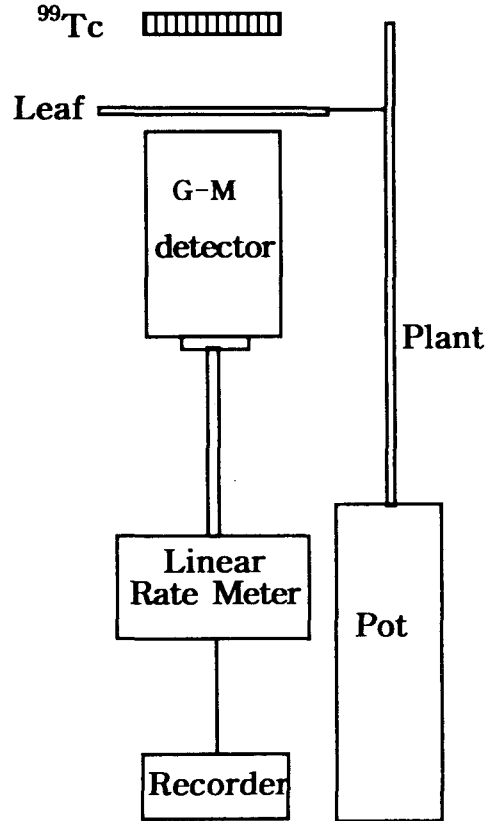


Fig. 1. Diagram for measurement of beta ray transmission.

건조시켜 건물중을 측정하여 잎의 함수량을 구하였고, 이를 gH<sub>2</sub>O/dm<sup>2</sup>로 산출하였다.

### 결과 및 고찰

1. 엽병절단 및 수분공급처리에 따른 β선투과율의 변화  
 잎의 수분감소에 대한 β선투과율의 반응을 검토하기 위하여 우선 개체에 달려 있는 상태에서 잎 가운데, 광합성속도에 차이가 있는 충실한 잎을 선발, 그림 1과 같은 장치의 <sup>99</sup>Tc(100μci)과 G-M detector 사이에 넣은 후, β선투과율을 측정한 다음, 인위적으로 잎의 수분함량을 변화시키기 위해 개체에서부터 엽병을 절단하여 잎의 수분변화에 따른 β선투과율의 변화를 측정하였던 바, 그림 2에 나타난 바와 같다. 그림 2에서 보는 바와 같이 광합성속도가 높고, 낮음

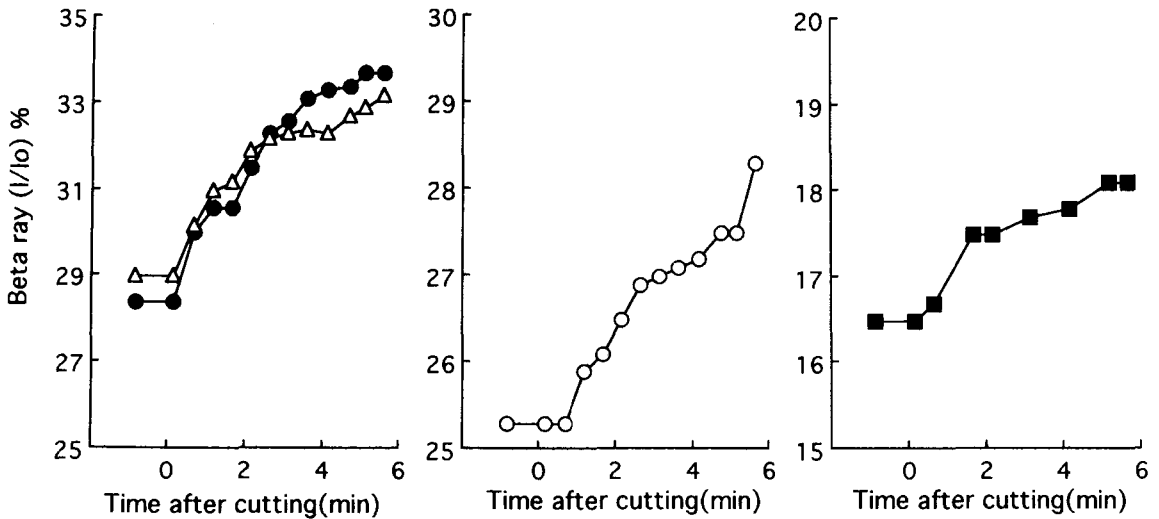


Fig. 2. Changes in beta ray transmission according to the passage of time after rice leaf cutting.  
 ●, △ : high photosynthesis rice leaf, ○, □ : low photosynthesis rice leaf

에 따라 잎마다 β선투과율에는 처음부터 차이가 나타났으며, 잎을 개체에서 인위적으로 분리시킨 엽병절단처리에는 모든 잎에서 절단후의 시간이 경과함에 따라 β선투과율은 증가하는 경향을 보였다. 이와 같이, 측정된 잎에 따라서는 절단전의 β선투과율에 차이가 있는데, 이는 각 잎의 수분함량의 차이에 기인하는 현상이라고 생각되며, 잎 절단처리에 의한 β선투과율의 증가도 잎에서의 수분감소현상에 따른 영향이라고 볼 수 있다.

그림 3는 토양수분결핍처리후 수분공급에 따른 대두잎의 수분함량증가에 대한 β선투과율의 반응을 나타낸 것인데, 수분공급시간이 경과함에 따라 β선투과율은 감소하는 경향으로 나타났다.

이상의 결과에서 보는 바와 같이 잎의 수분감소처리 경우에는 β선투과율이 증가하였고, 수분증가처리에서는 감소하는 경향을 보여 β선투과율이 잎의 수분변화에 매우 민감한 반응을 보였으며, 따라서 식물잎에 수분이 많을 경우에는 β선투과율이 둔화된다는 것을 알 수 있다.

2. β선투과율과 葉内水分과의 관계

앞에서 기술한 바와 같이 엽내수분의 변화에 따른 β선투과율이 민감하게 반응함으로써 잎의 함수량을 β선투과율(I/I<sub>0</sub>)로 표시할 수 있다는 것이 확인되었다.

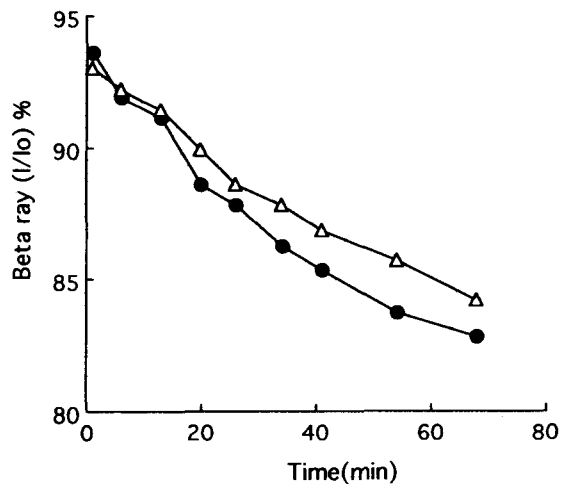


Fig. 3. Changes in beta ray transmission according to the water supply.  
 ● : Danyeob(soybean), △ : Enrei(soybean).

β선투과율(I/I<sub>0</sub>)과 잎의 함수비와의 관계를 구하기 위해, 개개의 잎에 대한 β선투과율을 측정된 직후, 그 잎의 생체중과 엽면적을 측정하고, 건조시켜서 잎의 함수량(gH<sub>2</sub>O/dm<sup>2</sup>)을 구한 결과는 그림 4와 같다. 그림 4에서 보는 바와 같이 β선투과율(I/I<sub>0</sub>)과 엽내수분 함수량(LWC : leaf

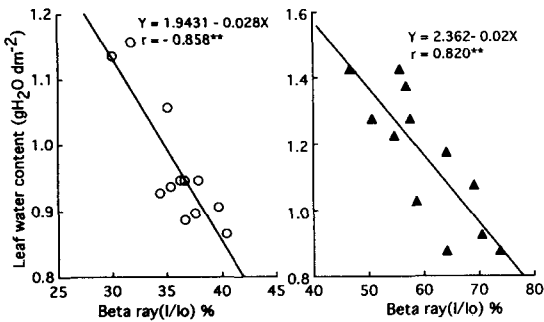


Fig. 4. Relationship between leaf water content and beta ray transmission of rice and soybean.  
○ : rice, ▲ : soybean

water content)과의 관계는 콩에서  $2.362 - 0.02 I/I_0$ , 벼에서는  $1.943 - 0.028 I/I_0$  라는 직선회귀식을 얻었으며, 상관계수가 각각  $r = -0.820^{**}$ 과  $r = -0.858^{**}$ 로 고도의 유의성이 인정되어 β선투과율( $I/I_0$ )로 잎의 함수량을 산출할 수 있다는 것을 알 수 있었고, 津野등<sup>10)</sup>도 이와 비슷한 결과를 보고한 바 있다.

그러나, β선투과율( $I/I_0$ )은 잎의 두께와도 상관관계가 있다는 보고<sup>9)</sup>가 있어 본 실험에서는 이를 확인하기 위하여 함수량을 종속변수로, β선투과율( $I/I_0$ )과 SLA(Specific Leaf Area; 比葉面積)를 각각 독립변수로 하여 다중회귀분석을 하였던 바, 표 1에서 보는 바와 같다. 콩에서는 잎의 함수량(LWC)은  $2.754 - 1.07 I/I_0 + 0.12 SLA$ , 벼는  $1.927 - 0.027 I/I_0 - 0.0001 SLA$ 라는 회귀식을 얻게 되었으며, 각각  $r = 0.986^{**}$ 과  $r = 0.861^{**}$ 라는 상관계수를 얻어 고도의 유의성이 인정되었다. 그러나, 편회귀계수를

살펴보면 β선투과율( $I/I_0$ )이 각각 0.904와 0.863이었고, SLA는 0.004과 0.007로서 잎의 함수량에 미치는 영향은 SLA보다도 β선투과율이 현저하게 크다는 것을 알 수 있다. 또한, 엽병절단처리 및 토양수분결핍처리후 수분공급에 의한 SLA는 동일한 잎에서는 변화하지 않기 때문에 수분함량은 β선투과율( $I/I_0$ )의 변화로 표시할 수 있다는 것이 본 실험의 결과에서 확인되었다.

### 요 약

β선투과율을 이용하여 식물잎의 수분함량을 측정하기 위하여 1/5000a 와그너 콧트에 생육시킨 벼와 콩잎을 대상으로, 정상적으로 생육한 개체만을 선별하였다. <sup>99</sup>Tc(100 μci)과 G-M detector사이를 10cm로 두고 그 사이에 잎을 놓아 잎을 통과한 β線量(I)과 잎을 제외시켰을 때의 β線量(I<sub>0</sub>)을 각각 측정하여 β선투과율( $I/I_0$ )를 구하였고, 잎의 생체중과 건물중, 比葉面積을 측정하여 잎의 함수량과 β선투과율( $I/I_0$ )과의 관계를 구하였다.

1. 잎 절단후 시간이 경과함에 따라 β선투과율( $I/I_0$ )은 증가하는 경향이였으며, 토양수분결핍후 수분공급에 의해 β선투과율( $I/I_0$ )은 감소하는 경향이였다.
2. 잎의 함수량과 β선투과율( $I/I_0$ )과의 직선회귀관계식은 고도의 유의성이 인정되어, 잎의 함수량이 감소할 수록 β선투과율( $I/I_0$ )은 증가하였다.
3. 잎의 함수량을 종속변수로, 比葉面積(SLA)과 β선투과율( $I/I_0$ )을 각각 독립변수로하여 다중회귀를 분석한 결과, 편회귀계수가 SLA는 벼 0.007, 콩 0.004이었고,  $I/I_0$ 는

Table 1. Multiple regression analysis about leaf water content

| Plant   | Item | Dependent variable | Independent variable |              | Coefficient of regression | n  |
|---------|------|--------------------|----------------------|--------------|---------------------------|----|
|         |      | Y                  | $I/I_0(X_1)$         | SLA( $X_2$ ) |                           |    |
| Rice    | R    | $Y = 1.927$        | $-0.027X_1$          | $-0.0001X_2$ | 0.861**                   | 12 |
|         | P    |                    | -0.863               | +0.007       |                           |    |
|         | C    |                    | -0.858**             | -0.652**     |                           |    |
| Soybean | R    | $Y = 2.754$        | $-1.07X_1$           | $+0.12X_2$   | 0.986**                   | 10 |
|         | P    |                    | -0.904               | +0.004       |                           |    |
|         | C    |                    | -0.902**             | -0.527**     |                           |    |

Y : Leaf water content, R : Regression equation, P : Partial regression  
C : Correlation regression,  $I/I_0$  : Beta ray transmission, SLA : Specific leaf area

며  $-0.863$ ,  $\log -0.904$ 로 수분함량에는  $\beta$ 선투과율( $I/I_0$ )의 영향이 지배적이어서,  $\beta$ 선투과율( $I/I_0$ )에 의한 식물잎의 수분함량이 측정이 가능하였다.

### 참 고 문 헌

1. Barrs, M. D. : In water deficits and plant growth. (Ed.) T.T. Kozlowski, Academic press, New York 1 : 235-368(1968).
2. Kobata, T. 1984. : Measurement of Relative Water Content in rice plant. J. J. Crop Sci. 53 : 526-527 (1984).
3. \_\_\_\_\_ and S. Takami. : Estimation of the leaf water potential in rice by the pressure chamber technique. J. J. Crop Sci. 53 : 290-298(1984).
4. Kramer, P. J. : Water relation of plants. Academic press. New York and London. 187-220(1983)
5. Millar, B. D. : Improved thermocouple psychrometers for the measurement of plant and soil water potential. III. Equilibration. J. Exp. Bot. 25, 1070-1084(1974)
6. 佐伯 俊郎 : 水の交換と輸送. 古谷雅樹 · 宮地重遠 · 玖村敦彦, 物質の交換と輸送. 朝倉書店. 東京(1972).
7. Slatyer, R. O. and S. A. Taylor. : Terminology in plant and soil water relations. Nature. 187 : 922-924(1960)
8. 武智 修 · 泊 功 : 柑橘の葉内水分と誘電率について. 農業氣象 24, 109-113(1968).
9. Takechi, O., Y. Furudo and R. Etoh. : Water content and Beta ray Transmission of various leaves. J. Agr. Met. 26, 1-3(1970)
10. 津野幸人 · 佐藤 亨 : 葉内水分と光合成作用との關係. 日作紀 40(別2) : 41-42(1971).
11. Turner, N. C. : Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. Plant and Soil 58, 339-366(1981).
12. 渡邊和之 · 有原丈二 : 作物組織の水ポテンシャル測定法とその意義. 農及園 49, 739-743(1974).