

# 옥수수 群落草冠部 에서의 晝間純輻射量 推定

李亮秀\* 鄭英祥\*\*

## Estimation of Daytime Net Radiation above Corn Canopy

Yang-Soo Lee\* and Young-Sang Jeong\*\*

### SUMMARY

Field study was conducted to evaluate the relationship between daytime net radiation (Drn) and global solar radiation (Rs) and to develop the empirical equation predicting daytime net radiation above corn canopy from observations of Rs and Ta (mean daily air temperature). The relationship between Drn and Rs under the cloudless day was  $Drn = 0.6659Rs$  and that under the cloudy (> 35% of possible sunshine)  $Drn = 0.729Rs$ . Thus, Drn/Rs Ratio under cloudless day was found to be lower than that under the cloudy day. Rs and Ta were used in the radiation balance equation to estimate Drn and the empirical model could be expressed as  $Drn = [0.9 Rs - (352 - 227 \times 10^{-10} \times Ta^4)] [1.11Rs/Rso - 0.05]$

### 緒 言

純輻射量은 耕地나 水面의 溫度變化 및 蒸發의 熱源으로서 쓰여지는 輻射에너지의 總量으로 耕地의 氣象環境을 表現하는 重要한 尺度이다. 따라서 生物學的과 工學的 應用分野에서 볼때 純輻射量은 日射量에 對한 情報보다 더욱 有用性이 크다.

그러나 日射量이 全國氣象觀測所에서 正規的으로 觀測되어지고 있는 반면에 純輻射에 對한 繼續的 觀測은 進行되고 있지않다. 그것은 純輻射計의 正確度 不足과 長期間 維持하기 위한 補修·較正作業 등이 復雜하다는 것이 큰 理由中의 하나이다. 따라서 純輻射量을 다른 氣象要素로부터 推定하기 위한 많은 研究가 進行되었다. 純輻射量 推定을 위한 가장 簡單한 모델은 日射量과 純輻射量의 回歸式에 의한 것인데 Shaw(1956)<sup>1)</sup>, Rosen berg (1969)<sup>2)</sup>, Monteny et al.<sup>3)</sup>(1981), Federre<sup>3)</sup>(1968) 등은 여러종류의 表面狀態에서 日射量의 1차함수로서 純輻射量을 제시하였다. Linacre(1968)<sup>5)</sup>는 日射量과 短波輻射알베도, 日照率, 溫度 등을 利用

한 모델을 開發하였고, 中山等<sup>8)</sup>은 日射量과 大氣外日射量의 比率을 日照率 대신 利用하여 純輻射量을 推定하였다.

本 實驗은 옥수수 群落草冠部에서 觀測한 純輻射 資料를 利用하여 옥수수 群落上의 純輻射와 日射量과의 回歸式을 求하고 輻射收支式을 基本으로 한 純輻射量 推定모델에 關하여 考察하였다.

### 結果 및 方法

農業技術研究所 田作圃場에서 옥수수 水原19號를 供試하였다. 栽植密度는 60 × 30 cm로 하였으며 圃場內의 雜草除去 및 施肥, 病虫害防除는 適期, 慣行대로 行하였고 最高葉面積指數가 4.8로 生育은 良好한 편이었다. 圃場面積은 正四角型에 가까운 1,500 m<sup>2</sup>로 圃場正中央에 純輻射計(CN-11型)를 群落 草冠部에서 約 100 cm를 維持하도록 1~2週 간격으로 位置를 調節하였으며 積算計를 使用하여 1時間 單位로 積算하였다. 日射計(SR1-535)는 圃場주변에 있는 氣象觀測露場에 設置

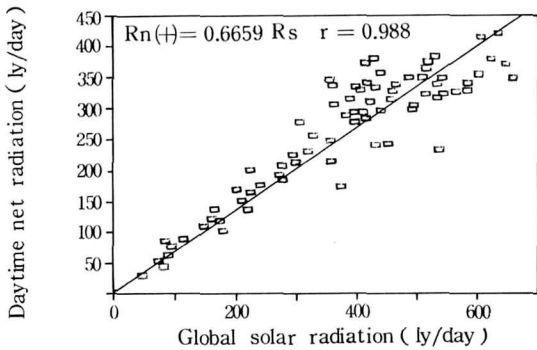
\* 農業技術研究所(Agricultural Sciences Institute, Suweon, Korea)

\*\* 江原大學校 農科大學(College of Agriculture, Kangwon National University Chuncheon, Korea)

하여 測定하였다. 氣溫資料는 水原觀測所露場의 百葉箱에서 測定한 값이다. 觀測期間은 옥수수 出現日인 5月 20日부터 收穫日인 8月 26日까지로 100日間이었다. 純輻射量 推定式은 linacre의 經驗式<sup>9)</sup>을 基本으로 하였다.

**結果 및 考察**

純輻射量은 有效輻射가 크게 變하지 않는 경우 全短波輻射에 比例하는데 지금까지 알려진 全短波輻射와 純輻射量의 相關回歸式은 1次式의 모양을 갖는다.



**Fig. 1. Relationship between daytime net radiation and global solar radiation above corn canopy.**

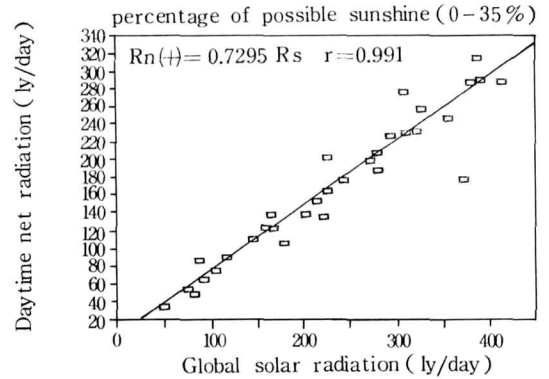
그림 1은 같은 方法으로 옥수수 全生育期間의 맑은 날과 흐린날의 區別없이 日射量과 晝間純輻射量과의 關係를 나타낸 것으로 晝間純輻射量은 1時間當의 純輻射量이 正의 값을 나타내는 時間의 積算純輻射量이다. 이것을 回歸式으로 나타내면 다음과 같다.

$$R_n(+) = 0.6659 \cdot R_s \quad r = 0.988 \quad \dots\dots\dots (1)$$

(1) 式에서와 같이 日射量과 晝間純輻射量의 關係는 相關係數값도 높고 日射量과 純輻射量의 比率이 66% 이상인 것을 알 수 있다. 一般적으로 알려진 1次回歸式은 日射量과 日全體純輻射量(受熱에서 放熱을 뺀값)과의 相關을 나타낸 것으로서 절편값이 8~20 ly/day 인 것으로 알려져 있으나<sup>4,6,9,10)</sup> 그림 1에서는 回歸線이 元點을 通過하였다.

그림 2는 日照率이 35%以下인 흐린날의 晝間純輻射量 및 日全體純輻射量과 日射量의 關係를 나타낸것으

로써 回歸式과 相關係數값은 다음과 같다.



**Fig. 2. Relationship between daytime net radiation and global solar radiation above corn canopy in cloudy day, less than 35% of percent possible sunshine.**

$$R_n(+) = 0.7295 \cdot R_s \quad r = 0.991 \quad \dots\dots\dots (2)$$

흐린날의 日射量에 對한 晝間純輻射의 比率은 73%로 (1) 式에 나타난 기율기 보다도 높고 相關係數도 높게 나타났는데 이것은 Shaw<sup>10)</sup>나 中山<sup>9)</sup> 등이 草地에서 맑은날의 回歸式 기율기가 흐린날의 것보다 약간 크다고 報告한 것과 反對의 傾向이다. 그러나 純輻射量의 結定은 輻射收支式에서는 알베도와 有效輻射量에 依存하기 때문에 흐린날의 알베도가 낮고 有效輻射量의 變化가 적으면 式(2)는 妥當성이 있는 것으로 생각되는데 中川<sup>7)</sup>(1981)는 草地에서 觀測한 알베도가 맑은날이 크다고 報告한바 있고, 맑은날과 흐린날의 群落上의 有效輻射量의 特性도 아직 明確히 밝혀져있지 않으므로 이 問題에 關하여는 추후 檢討하여볼 豫定이다.

輻射收支式으로부터 純輻射量을 計算하기 위하여는 日射量과 氣溫資料외에 알베도값이 必要하지만 本實驗에서는 알베도 測定을 하지 않았기 때문에 實測된 純輻射量, 氣溫, 日射量값을 經驗式에 代入하면서 推定된 값과 實測된 純輻射量값이 1:1線에 가장 近接한 α값을 定하였다. α값은 0.06으로써 一般적으로 알려진 옥수수 群落의 알베도값 0.14~0.22<sup>1,2,11)</sup>와는 差異가 커서 信賴性이 적은것으로 나타났다. α값이 적게 나타난 것은 實測된 純輻射量이 夜間의 放熱을 除外한 晝間純輻射量인 것도 原因中的 하나지만 結局 모든 誤差의 影響을 받는 殘差項으로써 α값을 算出하였기 때

문이다.

그림 6은 生育期間동안의 日照率과 日射量의 大氣外 日射量比率의 關係를 나타낸 것으로 關係式은 다음과 같다.

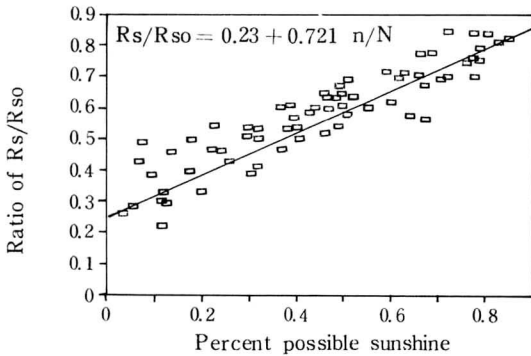


Fig. 3. Relationship between the percent possible sunshine and the ratio of the actually received radiation and the theoretical radiation in the absence of atmospheric interference.

$$R_s/R_{s_0} = 0.23 + 0.721 \cdot \left(\frac{n}{N}\right) \dots\dots\dots (3)$$

여기서  $R_s/R_{s_0}$ 는 大氣外 日射量에 대한 日射量의 比率,  $n/N$ 은 日照率이다.

輻射收支式에서 有效輻射量을 계산하기 위하여는 日照時間의 觀測值가 必要한데 本實驗에서는 日照時間을 測定하지 않았으므로 水原測候所에서 觀測된 日照時間과 圃場에서 觀測된 日射量과의 關係를 利用하여  $n/N$ 을  $R_s/R_{s_0}$ 로 變換시켜 다음과 같은 晝間純輻射量에 대한 推定式을 얻었다.

$$0.94 R_s - (352 - 227 \times 10^{-10} \times T_a^4)(1.11 R_s/R_{s_0} - 0.05) \dots\dots\dots (4)$$

여기서  $T_a$ 는 日平均氣溫(°C),  $R_s$ 는 日射量 (ly/day),  $R_{s_0}$ 는 大氣外日射量 (ly/day)이다.

그림 4는 式(4)을 利用하여 推定된 純輻射量과 實測된 晝間純輻射量과의 關係를 나타낸 것으로서 (1)식의 實測된 晝間純輻射量의 1:1線에 가장 近接하게 接近시켜 作成한 것을 基本으로 하였기 때문에 推定된 晝間純輻射量이 實測된 값에 接近하는것은 當然하다. 따라서 今後 檢討하여야할 問題點은 殘差項으로써 얻은 알베도값을 利用한 推定式(4)이 어느 程度의 適應성을 가질수 있는가에 對한 것인데 이것은 우선 純輻射하에

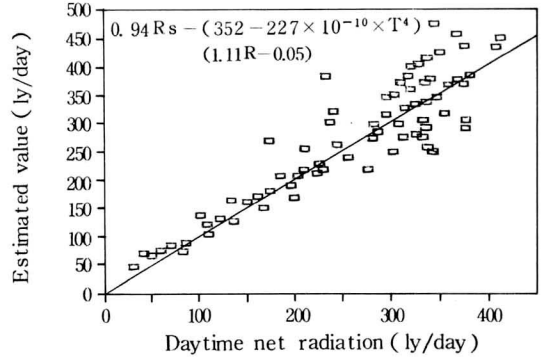


Fig. 4. Comparison of the estimated and measured value of daytime net radiation.

對한 測定精度를 높이고 아울러 純輻射의 測定과 同時에 알베도를 測定하고 有效輻射量에 對한 再檢討가 行되어야 可能할 것이다.

摘 要

옥수수 群落上에서 測定한 純輻射量과 日射量, 氣溫의 觀測值를 利用하여 日射量과 純輻射量의 關係式을 구하고 輻射收支式의 各項에 關한 經驗式을 利用하여 晝間純輻射量을 推定하는 모델을 題案하였으며 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 日射量과 晝間純輻射量의 關係式은  $R_n(+) = 0.6659 R_s$  로 日射量과 晝間純輻射量의 比率이 66% 이상이었다.
2. 日照率이 35%以下인 흐린날의 日射量과 晝間純輻射量의 關係式은  $R_n(+) = 0.7295 \cdot R_s$  로 흐린날에 옥수수群落의 日射量에 對한 晝間純輻射量比率이 약간 큰 傾向이었다.
3. 輻射收支式을 利用하여 日射量과 氣溫으로 晝間純輻射量의 推定式  $\{(0.94 R_s - (352 - 227 \times 10^{-10} \times T_a^4)(1.11 R_s/R_{s_0} - 0.05)\}$ 을 얻었다.

引 用 文 獻

1. Allen, L.H., and K.W. Brown, 1965. Shortwave radiation in a corn crop. *Agronomy Journal*. 57: 575-580.
2. Davis, J.A., and P.H. Buttior, 1969. Reflection coefficients, heating coefficients and net radiation at Simcoe, Southern Ontario. *Agric.*

*Meteorol.* 6: 373-386.

3. Federer, C.A., 1968. Spatial Variation of net radiation, albedo and surface temperature of forests, *J. Appl. Met.*, 7, 789-795.
4. Graham, W.G. and K.M. King, 1961 a. "Fraction of net radiation utilized in evapotranspiration from a corn crop". *Proceedings, Soil Sciences Society of America*, 25: 158-160.
5. Linacre, E.T. 1968. Estimating net radiation flux. *Agric. Meteorol.* 5: 49-63.
6. Monteny, B., J. Humbert. J.P. L'homme. and J.M. Kalms, 1981. Le rayonnement net et l'estimation de l'évapotranspiration en Cote d'Ivoire. *Agric. Meteorol.* 23: 45-59.
7. 中川慎治, 1981: 牧草地におけるアルベドの値について. 昭和56年 日本農業気象學會大會講演要旨, 108.
8. 中山敬一・羽生壽郎・今久・1983. 日射量による純放射量の推定, *農業氣象*, 38(4): 415~418.
9. Rosenberg, N.J. 1969. Seasonal patterns in evapotranspiration by alfalfa in the central Great plains. *Agron. J.* 61: 879-886.
10. Shaw, R.H. 1956. A comparison of solar radiation and net radiation. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 37: 205-206.
11. 内嶋善兵衛, 1982, 農林・水産と氣象 朝倉書店, p.23~33.