白濁液層を用いた調光装置の試作¹⁾

杉 二 郎*・ト 蔵 建 治**

東京大学農学部*, 弘前大学農学部**

昭和 44 年 5 月 20 日受理

I. 緒 言

環境調節装置内の光については今日まで多くの問題が検討されている。最近、5,000°K の昼光に近い連続スペクトルを発するメタルハライドランプが開発され、従来の光源より植物育成の面で優れており⁽¹⁾、光の質の面でかなり人工太陽に近づいた。しかし、このランプも他の高圧放電灯と同様に、電気回路により随意に放射量を調節することは考えられていない。このため環境調節装置内では、ランプ点灯時から点滅時まで光量が一定であり、太陽が日出、南中、日没とその高度の変化、あるいは天空の状態などにより日射量が時々刻々と変化する実態を人為的に装置内に再現することは不可能とされていた。筆者らが試作した装置は光源の出力を一定にしたまま、光源と育成室の間に別途に白濁液層をもうけ、この液層の状態を変化させることにより育成室内への入射量を調節するものである。したがって、この白濁液層の厚さ、あるいは濃度をプログラムコントロールすれば、光量が調節されることになり、すでに行なわれている温、湿度などの環境条件と同様に光条件もプログラムコントロールが容易に行なわれることになり、日射量、温度などを組合わせた環境条件のもとで作物の生育の問題を解析する農学、農業気象学などの分野における環境調節装置としては、いままでにない特異性を示すものと考えられる。

II. 装置の概要

本装置は Lambert-Beer の法則を基本にしており、その略図を Fig.1 に示す。光源には 5,000°K に近い連続スペクトルを発する光源として陽光ランプ (400W, 東

芝製) 9 個を反射笠と組合せてランプハウスに取りつけ、ランプハウスは換気扇を用いて通風冷却を行なった。このランプハウスの下に、ステンレス製の枠 (135×135×15 cm) に厚さ 12 mm のガラスをはめこみ、白濁液を入れる水槽とし、光はこの液層を透過して、チャンパー内に入射される。白濁液には安定したものとし

Fig. 1

て、酢酸ビニール (1.5 kg)、ポリビニールアルコール (20 kg 10%) を水 (200 l) に加え、高速で攪拌した保護コロイドを使用した。チャンパーは直径 130 cm、高さ 150 cm の円筒型にし、アルミ箔の反射面を作り、このうちで白濁液層の厚さ、あるいは濃度を変えた場合の、入射量の変化およびスペクトル分布特性を測定した。

III. 実験結果および考察

白濁液層の厚さを 10~1 cm まで連続的に変化させ、それぞれの厚さにおけるチャンパー内の 380~710 mμ の光量を光合成有効日射計 (東芝製) により測定した結果を Fig. 2 に示した。単なる水の層では、厚さを変化させてもチャンパー内の光量が変わることはなかったが、白濁液層の場合には、液層の厚さと光量の関係は対数比例することが明らかとなった。しかし、700 mμ 以上の赤外部を含めた輻射量と液の層の厚さとの関係では、近赤外部に水分子の強い吸収帯があるために複雑となる。

1) Jiro SUGI* and Takeharu BOKURA** : Control of the Irradiation Using a Emulsion Filter.

* Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tokyo, Tokyo.

** Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, University of Hiroasaki, Hiroasaki.

Fig. 2

1cm の水の層で、 1.4μ 以上の長波長はほとんど吸収され、10cm の厚さになると近赤外部の量は 1cm のときの約 $1/3$ になり、 1.0μ 以上の長波長はごくわずかになる⁽²⁾。可視部の光 ($400\sim 700\mu$) は $10\sim 1$ cm の水の層を透過してもほとんど吸収されないことは、先の結果からも明らかであり、この波長域には水分子特有の吸収帯は認められない⁽³⁾。したがって、水の層を通過してチャンパー内に入射する光の分光分布特性はランプのそれにより決るものと考えられるが、白濁液層を透過した光の分光分布特性について十分に検討する必要がある。したがって、この測定では波長別輻射エネルギー記録装置 (飯尾電機製) を用い、液層の各厚さごとに 3 回測定してその平均値を $20\text{ m}\mu$ ごとに整理した。したがって、一部にランプから発せられる水銀の輝線が強く現われる箇所もあったが、これらの輝線の強さも他の連続スペクトルの部分と同様な変化を示していたので、一応その部分

Fig. 3

についてとくに注意は払わなかった。この結果を図に示すと Fig.3 のようになり、白濁液層においては、液層の厚さにより分光分布が異なり、一般に層が厚くなるほど短い波長の光が少なくなる傾向が認められた。このことは、太陽高度が低いほど長い大気層を透過することにより太陽光の短い波長が少なくなる自然現象に似ており、太陽高度の変化により日射量が変化する様子を再現する上で量的な面ばかりでなく、質的な変化をも近似していることは、とくに注目すべき点と考えられる。なお、ランプハウスとチャンパーの間に白濁液層を挿入すれば、水の層を挿入した場合より光量は減少するが、チャンパー内の光分布は非常に均一になる (Fig.4)。この

Fig. 4

ことは、高圧放電灯のような高出力の点光源を使用する場合、チャンパー内の光分布を均一にするという面からも有効な手段と考えられる。白濁液層の厚さを一定 (5 cm) にして、液の濃度を稀釈した場合、その液層を透過してチャンパー内に入射する光 ($380\sim 710\text{ m}\mu$) の変化は Fig.5 のようであり、液の濃度を $1/124$ に稀釈すると、水の層を透過して入射する光量の約 90% の光量が得られる。

Fig. 5

Fig. 6

このことから、液層の厚さだけでなく濃度を調節することによっても光量を調節することが可能である。しかし、技術的には、液層の厚さを調節するだけなら、ある一定濃度の白濁液を一定量だけ液層とタンクの間を循環させればよいが、液の濃度を変化させると、液全体の量も大きく変化するため、その調整に問題が生ずる。したがって、チャンパー内の入射量をプログラムコントロールするためには、液層の厚さを循環ポンプとコントロールバルブを作動させることにより自動的に調節すれば、その目的が達せられるものと考えられる (Fig.6)。

つぎに、この装置で重要な問題点は白濁液の性質である。これには長時間、白濁液として安定していることがもっとも重要であり、粒子が凝集して大きくなったり、比重が大きくて沈澱してしまうものは使用できないことは当然であるが、そのほかに、ランプからの放射が強いため液温がかなり上昇するので、高温により分解されるような物質も使用不可能であり、さらに、長期間使用するため、その間に微生物などによる分解、腐食等の弊害が生じることも考えねばならない。この点、本実験に使用したビニール系の白濁液は高温に弱い欠点があった。その後、この点を補うため Mg, Al などの酸化物、水酸化物の微粒子を使用することを試みたが完全ではなく、現在、特種なゲル化剤およびワックス系の乳化物について試験中である。また、液を液層とタンクの間で、ある一定の速さで循環させながら液層の厚さを調節し、液を常に攪拌することにより白濁液を安定した状態に保つ方法を試験中である。

実験を行なうにあたり御助力をいただいた日本専売公社泰野タバコ試験場の小倉祐幸部長をはじめ同室の皆様 に心から感謝の意を表します。

Summary

High pressure discharge lamps have been used in phytotrons in order to get high-light intensity. However, the light intensity cannot be easily controlled electronically.

Control of the irradiation of a lamp of this type in a growth chamber using an emulsion filter was investigated. According to Lambert-Beer's law, the intensity of transmitted light, I , varies with the length of the light path, l , as well as the concentration of the absorbing material in the layer, C ; and the absorption coefficient of the material, α ,

$$\log \frac{I_0}{I} = \alpha l C = D$$

The logarithm of the ratio of the incident light intensity, I_0 , to the transmitted light intensity, I , is proportional to optical density, D , of the liquid filter.

Based on this relationship, we built the apparatus shown in Fig. 1 to control light intensity. Experimental verification that the logarithm of the light intensity measured in the chamber changes linearly with the optical density, D , is shown in Figs. 2 and 3.

The relationship between the spectral distribution of transmitted light and the thickness of the layer is shown in Fig. 4. A system has been developed, as shown in Fig. 6 to automatically control the light intensity of within a chamber using high pressure discharge lamps. Thus, it is possible to reproduce any level of light intensity to simulate the dynamic environmental conditions which exist in the field.

(Received May 20, 1969)

文 献

- (1) ト蔵建治 1968 高圧放電灯が植物の生育におよぼす影響. 生物環境調節 6(1): 29—33.
- (2) CURCIO, J. A. and C. C. PETTY 1951 The near-infrared absorption spectrum of liquid water. J. Opt. Soc. Amer. 41: 302—304.
- (3) MORRIS, L. G., E. S. TRICKETT, F. H. VANTONE and WELLS, D. A. 1958 The limitation of maximum temperature in a glasshouse by the use of a water film on the roof. J. Agric. Engng. Res. 3(2): 121—129.