光刺激による茸(舞茸)の生体電位反応(第1報)

小川智行・三浦宏康・平間淳司・宮本紀男・弘田憲史*

金沢工業大学工学部 921 石川郡野々市町扇ヶ丘 7-1

*岩崎電気株式会社 361 埼玉県行田市富士見町 1-20

Bio-Electric Potentials for the Light Stimuli of *maitake* Mushroom (Part 1)

Tomoyuki OGAWA, Hiroyasu MIURA, Junji HIRAMA,
Norio MIYAMOTO and Norifumi HIROTA*

Kanazawa Institute of Technology, 7-1 Ogigaoka, Nonoichimachi, Isikawa 921, Japan

**Iwasaki Electric Co., Ltd, 1-20 Fujimicho, Gyoda, Saitama 361, Japan*

Abstract

We measured the bio-electric potential of *maitake* mushrooms under the stimuli of an incandescent lamp, a red LED (light-emitting diode), and a blue LED, each with strong and weak light intensity. Temperature and humidity were constant. As a result, it was found that the bio-electric potential of *maitake* changed according to the type, wave-length and intensity of the light source.

緒 言

今日、茸工場において、培地の作製方法や温度・湿度・光照射等の環境調節は十分検討されている¹⁾が、いずれも現場の経験則によるものである。ところで、菌類は緑色植物のような葉緑素を持たず光合成を行わないので、光に対して反応しないと考えられるが、多くの菌類は光屈性などの現象に見られるように、光に対して鋭敏の反応²⁾している。そこで本研究では、供試茸に舞茸を使用し、細胞の活性化と密接な関係にあると推定される生体電位信号を育成の指標とし、光刺激の波長・輝度・照射条件との関係を調べ、最適光照射条件を工学的に探索し、茸工場で使用する新しいタイプの育成装置を開発することを目的とする³⁾。

今回は第1報として、種々の光刺激に対する生体電位の挙動について報告する。

実験方法

図1に生体電位計測システムを示す。室温約20℃に保たれた簡易環境制御ブース内に設置された計測ボックスに舞茸を入れ、超音波加湿器を用いコンピュータによって湿度を制御した。そして、計測される微小な生体電位信号に対して外来雑音成分を除去するために、計測ボックスの周囲は十分なシールドを行なった。また、生体電位計測は差動増幅器を使用した。そして、誘導

1996年 9月 5日受付

1996年 11月 29日受理

図1 生体電位計測システム

Fig. 1 Measuring system

電極には塩化銀膜を生成した約 $\phi 0.5\text{mm}$ の銀線による針電極を用い、正極を舞茸上部に負極をその下約 1cm の場所にそれぞれ約 1cm 挿入した。一方、不関電極は約 $\phi 0.2\text{mm}$ のタングステン線を用い舞茸と菌床の境目に約 1cm 挿入した。そして計測ボックス内の温度・湿度および舞茸の生体電位をペンレコーダで記録した。

ところで、舞茸の生体電位は温度や湿度変化に鋭敏に反応する知見³⁾がすでに得られていることから、今回の実験では、外的刺激を光刺激のみとするために、計測ボックス内を温度 20°C 、湿度 95% 一定に制御した。

光刺激として、白熱電球 (12V , 35W)、高輝度タイプの RED-LED (発光波長 $\lambda_p = 635\text{nm}$) および BLUE-LED ($\lambda_p = 450\text{nm}$) の3種類の光源を用い、さらに約 20 および $30\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ の2種類の光量子量について、それぞれ光照射を行った。また、計測に際し舞茸に電極を装着後、約 10 時間は生体電位安定のために恒常暗状態を保ち、その後、光照射 (ON) と暗状態 (OFF) を 1 時間ずつ繰り返し、連続して 6 時間測定を行った。

結果と考察

図2は(a)白熱電球、(b)BLUE-LED、(c)RED-LEDの光刺激による生体電位の変化をそれぞれ示す。横軸は時間で 10min/div を示し、縦軸の湿度は $20\%/div$ 、温度は 4°C/div 、生体電位は 4mV/div を示す。なお、生体電位波形において、上の波形は光量子量が小さい時を、下の波形は光量子量が大きい時の波形を示す。また、生体電位の計測中は湿度約 95% 、温度約 20°C で安定している。

図2(a)白熱電球の場合は、光刺激の反転直後に生体電位が変化している。すなわち、刺激が ON になった直後生体電位は上昇し、OFF になった直後下降を示す。なお、光量子量が小さい場合は光刺激に無反応のように観測されるが、光刺激に対応して微小ではあるが反応している。

図2 各光刺激による生体電位の変化

Fig. 2 Bio-electric potentials under the various light stimuli

X 軸: 時間 [10 min/div] Y 軸: 湿度 [20%/div]

温度 [4°C/div] 生体電位 [4 mV/div]

X-axis: Time [10 min/div] Y-axis: Humidity [20%/div]

Temperature [4°C/div] Bio-electric potential [4 mV/div]

その変化幅は拡大図中に図示されるように、約 1mV である。特に、光量子量が大きい場合はその変化が顕著となり、光刺激の反転直後、生体電位が変化し定常に達するまでの変化幅は、光量子量が小さい時に比べて約 3 倍の 3mV を示す。このことから白熱電球の光刺激は生体電位に変化を及ぼしたと推定される。

同図(b)より、BLUE-LED 照射による生体電位の変化は、白熱電球の場合と大変よく類似している。すなわち、変化パターンは刺激が ON になると生体電位は上昇し、OFF になると下降している。ただし、白熱電球における同一の光量子量に対して比較すると、BLUE-LED 照射の方が約 5~10 倍大きく、光量子量が小さい時に 10mV、大きい時に 14mV も生体電位が変化している。このことから舞茸の生体電位は、同一の光量子量で比較すると、白熱電球より BLUE-LED ($\lambda_p=450\text{nm}$) による光刺激に、より敏感に反応したと推測される。また、光量子量が多い時の方が小さい時に比べて生体電位の変化幅の差は約 4mV と若干大きくなっている。また、光量子量が小さい時に比べ、大きい時の方が光刺激が ON になってからの生体電位の変化、すなわち立ち上がりが急峻であり、早く定常に達している。しかし、光刺激が OFF になってからの生体電位の変化、すなわち立ち上がりは光量子量の差異によらず、ほぼ同一の変化パターンを示している。よって、白熱電球同様に BLUE-LED 照射の時も、光量子量の大きい方が、舞茸の生体電位に与える影響力が大きい。

同図(c)より、RED-LED 照射に対する生体電位の顕著な変化は認められない。このことから、

今回使用した舞茸の生体電位は、RED-LED($\lambda_p=635\text{ nm}$)の光刺激には顕著な反応を示さないことがわかる。また、RED-LEDによる光刺激では、図示するような緩やかな変動を伴った、内因性リズムのような波形が特に顕著に観測できる。

ところで、このような波形は光刺激の光源の種類によらず、現在まで測定した56例中53例観測された。このことから舞茸についても、内因性リズムの存在を確認できたと考えられる。また、自発電位と思われる波形(図中○印で示す)が随所に観測され、これらも56例中28例観測された。ところが、光刺激に対する生体電位反応については、毎回反応するとは限らず、56例中約1割強であり、これらの理由については今後解明する予定である。

結 論

今回の実験結果より、光合成が関与していない舞茸の場合でも、光刺激に反応して生体電位に変化が生じることを見出した。また、光刺激の種類すなわち波長の違いや、光量子量の違いにより生体電位に差異が生じることを明らかにした。今回測定した3種類の光刺激のうち、特にBLUE-LEDの光刺激が生体電位に与える影響が一番大きかった。また、光量子量については、光量子量の大きい $30\text{ }\mu\text{molm}^{-2}\text{ s}^{-1}$ の方が、小さい $20\text{ }\mu\text{molm}^{-2}\text{ s}^{-1}$ の時と比較して生体電位に与える影響が大きいことがわかった。これらのように、光刺激に対して生体電位が変化することから、これを指標とすることで最適光照射条件探索が示唆される。今後さらに系統的に実験を行い、光刺激と生体電位との関係を明らかにしていきたい。また、今回観察されたような生体電位の発生メカニズムについては現在不明であることから、これらの解明については今後の課題である。

最後に、本研究を行うにあたり舞茸を提供して頂いた株式会社石川電気アグリカルチャーセンターの石川貞夫氏に心から感謝します。

参 考 文 献

- 1) 農耕と園芸編集部編：図解キノコの栽培百科，誠文堂新光社，pp. 2～212(1983)
- 2) 古谷雅樹編：光運動反応，共立出版株式会社，pp. 119～146(1981)
- 3) 小川・三浦・平間・宮本・弘田：光刺激が茸(舞茸)の生体電位に与える影響，平成8年度日本植物工場学会学術講演要旨集，pp. 45～46(1996)