

植物活性評価のためのインピーダンス測定について — クワカルスにおけるエレクトロニクスの活性評価法の開発 —

山浦逸雄, 矢嶋征雄*

信州大学 繊維学部 機能機械学科, *附属農場

1. 緒言

遺伝子組み替え等に関わるカサの培養において、まず対象とする植物やその器官における培養系の確立が必要である。培養系の確立には、培養環境を最良にするためカサの状態すなわちカサの活性を知る必要がある。カサの活性評価は、従来から質量や大きさの変化、色などを観察することにより行われている。これらは無菌状態の中で行わなければならないことから、取り扱いが容易ではない。また、観察の多くは定性的なもので、カサ内部を含めて定量的に評価することは困難であり、研究上の大きな支障となっている。このため、定量的な活性評価法を考える必要がある。その方法として、カサの電気インピーダンスを測定することにより活性を評価することを考える。

本報告では、研究の初段階[1]としてクワの小枝を用い、電氣的な活性評価の可能性を検討したので、これらについて報告する。

2. インピーダンスによる植物活性の評価

植物組織の電氣的等価回路は一般に Fig.1 のように考えられている[2]。細胞外液の抵抗を R_o 、細胞内液の抵抗を R_i 、細胞壁の抵抗を R_m とする。また R_m は非常に大きく、細胞壁が細胞外液と細胞内液に挟まれていることから細胞壁には容量 C_m が発生する。

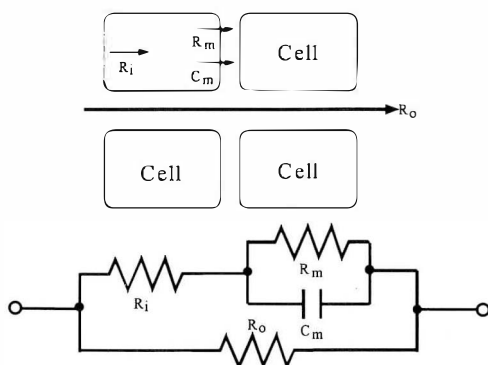


Fig.1 Equivalent circuit of plant tissue

この回路を Fig.2 に示す純抵抗 R と容量 C の並列回路に等価変換し活性評価を考える。 R

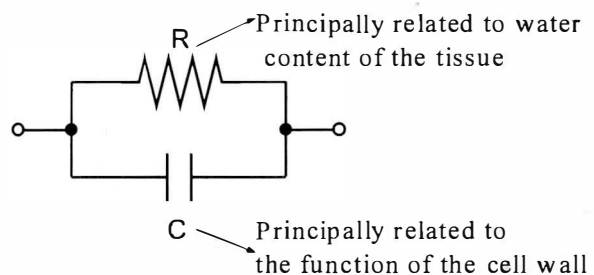


Fig.2 Simplified model

は主として組織の水分量と関係あり、 C は主として細胞壁の機能と関係する。したがって、組織の電気インピーダンスを測定し、 R と C の定量性について検討すれば、植物体の活性を定量的に評価することができよう。すなわち、抵抗 R が小さければ植物組織内の水分量は多いと考えられ、大きければ水分量は少ないと考えられる。また、容量 C が大きければ細胞壁の機能はよく保たれており、小さければ壁機能は低下していると考えられる。つまり、容量 C は細胞の生きていることの証となるため非常に重要な要素である。従来からこのような電氣的活性評価法は試みられているが、まだ完全に確立されていなく、またクワについてのデータは見当たらない。

3. 実験方法

測定システムを Fig.3 に示す。実験材料にはタイ国産熱帯桑, Maeluke-on (♀) を用いた。測定のための試料として前年枝の小枝を生木より長さ 10 cm 採取した。直径は試料の中央部において約 2 mm である。インピーダンス測定装置には LCR メータ (日置電機社製: 3522) を使用した。測定周波数は 1 kHz とした。電極には直径 0.5 mm, 長さ 10 mm の白金線を用い、その先端を針状にした。

4 本の電極を 20 mm の間隔で、実験材料に深さ約 1 mm 刺入し、交流電流を電極①と電極④の間に流し、電極②と電極③の間に電圧を測定する。このとき実験材料と電極の間

3. 結果および考察

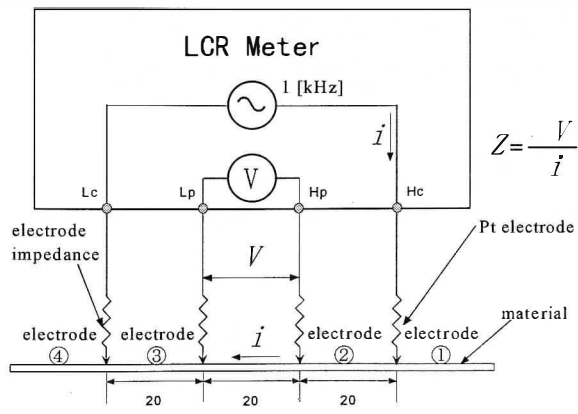


Fig.3 Measuring system

に電極インピーダンスが生じるが、この影響を無視して実験材料のインピーダンスが測定できる方法に4電極法という方法があるので本研究ではこれによった。端子 Hp, Lp に接続される電極には電流が流れず、電極②、電極③の間における電圧 V が正確に求まる。このとき電流 i は既知であるから、電圧を電流で割れば、求めるインピーダンスが得られる。使用していた LCR メータはこのインピーダンスを Fig.2 の R と C の形で直接表示することができるので、これらの値を測定データとしてプロットする。

試料を通常の実験室環境下（室温：21～25℃，湿度：50～60%）に放置すると自然乾燥するので、この間の CR 時間変化を live (1st dry) としてプロットする。次に、一度乾燥した試料を一昼夜水に浸し、十分水（水道水）を吸収させた後、再び CR 時間変化 (2nd dry) を測定する。さらに3回、4回と同様の測定を繰り返す。ただし、3回目と4回目の間は、水に浸した状態で2週間経過させた。

以上の4つの場合における CR 時間変化から、植物体の活性評価の可能性について検討する。

Fig.4 に実験結果を示す。live および 2nd dry においては長時間に渡る測定のためプロットのないところがあるが、間欠的測定であっても CR の推移する様子は明白である。live では、 R が 160 k Ω から 700 k Ω に、 C が 200 pF から 20 pF に達するのに1日近く経過した。2nd～4th dry において R の初期値は live の初期値近くに回復するが、 C は徐々に減少して行く。また、2nd dry 以降において R の値が live の最終値に到達する時間は乾燥実験を重ねるにつれ短くなった。これは細胞壁の水分保持機能が徐々に低下したためと考えられる。

また、2nd～4th dry における R の測定初期値は乾燥実験を繰り返すに連れだいに増えた。これは細胞壁の水分保持機能が徐々に低下したため細胞内液が細胞外へ流出し、浸水状態の試料において比較的抵抗率の高い水がそれより低い細胞内液と入れ代わったためと考えられた。

4. 結言

クワ小枝の乾燥実験から組織の水分保持機能が変化することを R と C の測定より確認した。水分保持機能は活性と強い関係があるので、インピーダンス測定による活性評価の可能性が結論された。今後、 R と C の定量的関係についてさらに検討する必要がある。

参考

- [1]山浦, 矢嶋, クワ小枝を用いた活性評価のためのインピーダンス測定, 先進繊維技術科学に関する研究報告II, p.83(1997)
- [2]山本他, 生体インピーダンスを用いた植物の活性評価に関する研究, バイオシステムにおける計測・制御論文集, pp.21-26(1997)

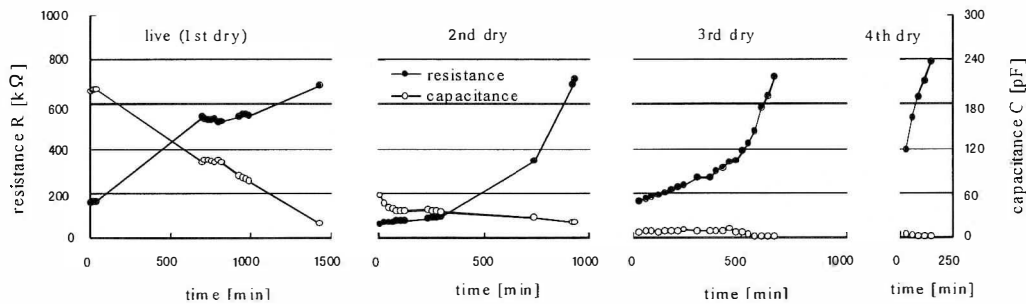


Fig.4 Changes of resistance and capacitance for the time course