

植物动作电位的实验研究

金唯洁 尹伊

报告提纲

- 问题的研究背景
- 实验的预备工作
- 实验的具体内容
- 实验结果的讨论
- 实验小结与展望

1、问题的研究背景

- 在叶老师《电磁学》(P117 2.7)教材中，了解到动物神经细胞存在电势变化和动作电势传导兴奋。
- 在植物体内至今尚未发现类似动物体内电信号传递的神经系统，但某些植物具有类似于神经细胞的电势传导过程如含羞草。
- 19世纪50年代，俄罗斯列瓦科夫斯基首次发现植物电现象，印度学者Bose在其出版的两本关于植物生理研究的专著描述了对含羞草进行刺激后其体内的电波传递及生理效应。
- 我国学者娄成后院士首次提出过在植物中存在伤害性刺激诱导的电化学波传递假说。
- 十分好奇的我们，希望通过测量含羞草感性运动电信号，探究这一过程，得出植物电信号参与生理反应的意义。

2、实验的预备工作

- 实验目的：利用电信号采集装置测量含羞草在外界刺激下由极化态变为去极化再复极化的过程，绘制细胞膜电势变化图像，探究生物电信号维持生物正常生理活动的重要意义。
- 研究对象：为了得到比较明显的电位变化图像，选用含羞草作待测植物。
- 实验装置：ADZ INSTRUMENTS Powerlab 15T数据采集系统（针灸针作针刺电极，输入端为生物电放大器）及Labchart8软件

实验的采集系统

- 由于植物电信号是由植物发出的复杂的不稳定电压信号，属于高阻抗微弱信号源，研究表明，信号呈现不稳定的高内阻源性质。
- 为了有效采集具有特殊性质的并满足后续信号处理数据格式的需求，采集系统如下：

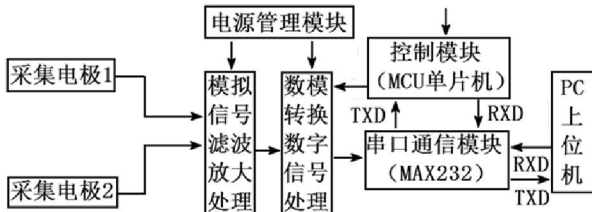


图1. 电信号采集系统框图

3、实验的具体内容

- (A)将正号针刺电极插入含羞草叶柄与叶座之间的部分，负号针刺电极插入大地。
- (B)给予含羞草叶端一定大小的刺激。
- (C)得到系统输出电势变化图线如后图：
- (D)受实验条件限制，我们使用动物电信号的采集装置，然而不同于动物神经细胞电信号，植物电信号是高阻抗微弱电信号；
- (E)采用的针刺电极仅能盲插（需插入韧皮部薄壁细胞），故三个半小时的采集图像中，我们仅有两次采集到电信号。

4、实验结果的讨论

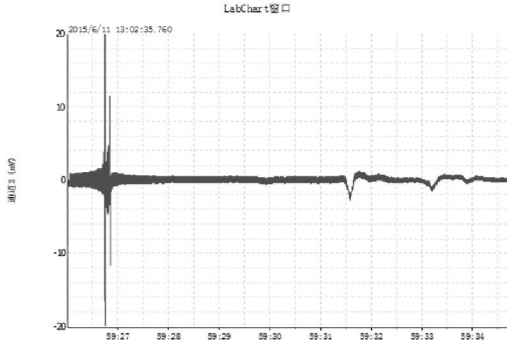


图2.实验数据记录1

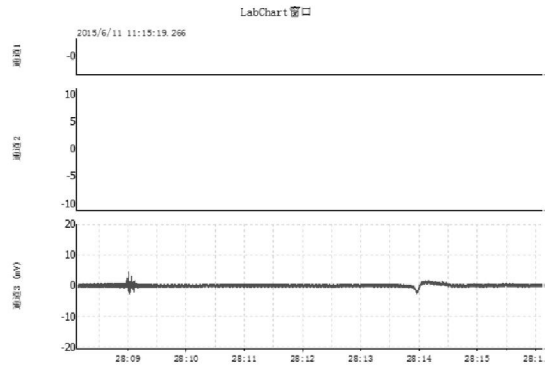


图3.实验数据记录2

- 观察到，在机械刺激（第一个峰值）后，出现先负后正的宏观电动势变化。
- 对应去极化、反极化、复极化和超极化过程。

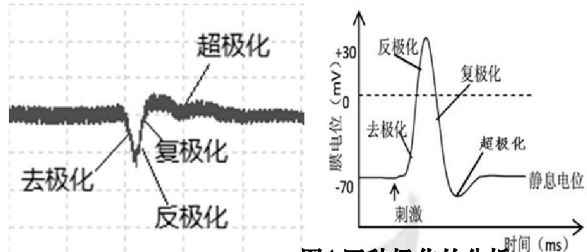


图4.四种极化的分析

刺激植物细胞，细胞产生类似的电位变化和电信号传导，电位的波形有相似性，故猜想植物细胞中也有类似的电位激发与传导机制。

与神经元动作电位产生和传导比较

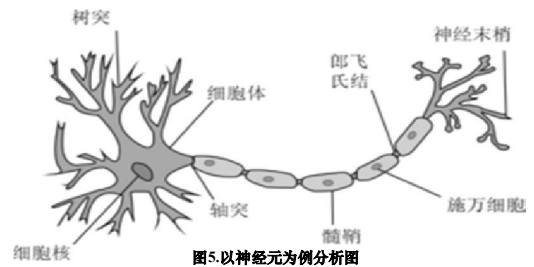


图5.以神经元为例分析图

细胞膜为磷脂双分子层，离子不能通过膜，膜上有离子通道而使得膜对离子有选择透性。

产生动作电位时，钠离子电导突然增大，流入细胞的钠电流变大，造成由膜外向膜内的净电流，膜内外电势差变小甚至逆转（去极化），产生动作电位后，钠离子通道关闭，即电导又变小，同时钾离子的电导瞬时增加，导致产生膜内向膜外的净电流，电势差恢复甚至略高于正常值（复极化），随着膜的离子通透性恢复，内外电势差趋于平衡。

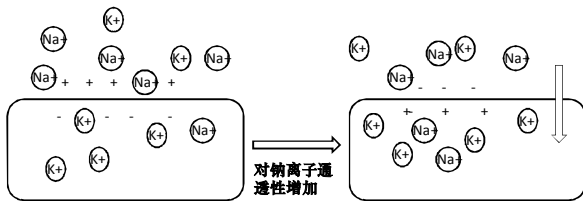
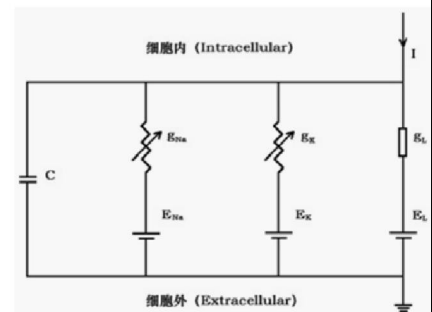


图6.与离子通透性的分析图

欧姆定律， $I=g(U-\varepsilon_{平衡})$ ， g 为电导，与离子通透性有关

模型的转换



$$\begin{cases}
 I = C \frac{dV}{dt} + g_{Na}(V - E_{Na}) + g_K(V - E_K) + g_L(V - E_L) \\
 g_{Na} = \bar{g}_{Na} \cdot n^4, g_K = \bar{g}_K \cdot h \cdot m^3 \\
 \frac{dN}{dt} = k_{N+}(V)(-N) + k_{N-}(V)(1 - N) \\
 N = n, m, h \\
 \left\{ \begin{aligned}
 \frac{dV}{dt} &= 10 \left(V - \frac{V^3}{3} - r \right) + 1 + D \cdot \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} \\
 \frac{dr}{dt} &= p(1.25V + a - br)
 \end{aligned} \right.
 \end{cases}$$

5、实验小结与展望

- (1) 安静状态下细胞两侧呈静息电位，当外来刺激强度较大(超过某阈值)，细胞的跨膜电位在短时间内由内负外正变为内正外负，达到最大值后再恢复到原状态的电位。
- (2) 该过程包括去极化(膜电位由内负外正快速上升达到内外平衡)、反极化(膜内外极性倒转)、复极化(膜电位下降恢复到内负外正)和超极化(膜电位下降到初始静息电位以下)四个相。
- (3) 该电信号传导到叶座时叶座基部膨压发生变化，引起叶柄下垂小叶关闭，以对环境刺激作出宏观应激反应。

面对的问题

- 植物电信号的产生和传导是否和动物神经细胞电信号的产生和传导具有一致的机制?
- 哪些离子和细胞结构参与了此过程?
- 我们是否可以建立植物的细胞膜电容模型以定量计算动作电势?
- 除了含羞草以外还有什么植物也同样具有电信号参与生命活动的情况? 这些植物具有什么共同点?