

## ОБҐРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ БІОЕЛЕКТРИЧНИХ ПОТЕНЦІАЛІВ З МЕТОЮ ОЦІНКИ СТАНУ РОСЛИН

Чорна М. О., Кравченко П. О.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*В статті дано обґрунтування використання біопотенціалів з метою оцінки стану рослин.*

**Постановка проблеми.** Біопотенціали рослин – важливий фізіологічний показник, що відображає їх функціональний стан. Біопотенціали рослин залежать від транспорту речовин, біохімічного складу і ростових процесів.

**Метою статті** є теоретичне обґрунтування дослідження біоелектричних потенціалів для оцінки стану рослин.

**Основні матеріали дослідження.** Біоелектричні потенціали (біоструми) – явища електричної природи, які спостерігаються в біологічних клітинах в стані спокою і під час фізіологічної діяльності. Біопотенціали виникають внаслідок відмінності хімічного складу цитоплазми клітин і рідини міжклітинного простору (різниця іонних концентрацій *Na*, *K*, *Cl* поза і всередині клітини).

Вибіркова проникність мембрани для різних іонів забезпечує виникнення різниці потенціалів (потенціал спокою), яка перешкоджає повному вирівнюванню концентрації іонів між клітиною і середовищем. Потенціал спокою характеризує збудливість живих тканин, тобто їх здатність змінювати властивості і стан під дією подразника, і становить в середньому 60 – 90 мВ. Іони натрію і хлору впливають на потенціал спокою лише при низьких концентраціях іонів калію поза клітини [1].

Ознакою збудження тканини є виникнення потенціалу дії внаслідок зміни іонної проникності клітинної мембрани.

У клітинах збудливих тканин (м'язової, нервової) ці процеси можуть відбуватися в дуже короткі інтервали часу (мілісекунди) і називаються потенціалом (струмом) дії. Величина його може досягати 120 мВ. Характерною особливістю потенціалу дії є його здатність поширюватися вздовж клітинної мембрани з області локального збудження, внаслідок чого відбувається поширення збудження по тканинах. Мембранні потенціали, збудливість клітинних структур і тканин можуть змінюватися під впливом змін фізичних і біохімічних факторів.

Для всіх живих організмів загальною властивістю є подразливість як здатність реагувати пристосувальними реакціями на вплив факторів навколишнього середовища. Електрофізіологічні дослідження, проведені на різних біологічних об'єктах свідчать про те, що процес збудження завжди супроводжується генерацією поширюються коливань електричних потенціалів. Кожна жива клітина оточена електрично поляризованою мембраною, і потенціал цієї мембрани закономірно змінюється при тих або інших впливах [2].

Природно, виникає припущення, що подібні закономірності повинні бути притаманні і рослинним

клітинам, оскільки подразливість — загальна властивість живого.

Численні дослідження, проведені в цьому напрямку, показали, що мембрана рослинних клітин, подібно мембрані тваринної клітини, поляризована, причому поляризація обумовлена різною проникністю мембрани до іонів калію і натрію. Так само, як і мембрана клітин тварин, вона на своїй внутрішній поверхні заряджена негативно, в той час як на зовнішній поверхні — позитивно. Величина мембранного потенціалу рослинних клітин залежить від великого числа умов, що визначають рівень обмінних процесів. Одним з факторів, що значно змінюють мембранний потенціал рослинної клітини, є рівень ростових гормонів, головним чином гетероауксину (індолілоцтової кислоти).

У відповідь на дію різних подразників відбувається деполяризація мембрани і виникнення електричного імпульсу. Однак швидкість розвитку потенціалу дії і його поширення по рослинній клітині незрівнянна зі швидкістю поширення хвилі збудження в нервових волокнах і вимірюється зазвичай декількома сантиметрами в хвилину.

У зв'язку з тим, що рослинні клітини оточені щільною целюлозно-пектиновою оболонкою, передача збуджень з клітини на клітину здійснюється через плазмодесми, які забезпечують переміщення органічних і мінеральних речовин.

Незважаючи на те, що електричні потенціали у рослин вивчені менш повно, ніж потенціали клітин і тканин тварин, дослідження мембранних потенціалів ізольованих клітин рослин, а також виникнення потенціалів дії при їх подразненні свідчать про те, що природа електрогенеза у рослин по всій ймовірності та ж, що і в клітинах живого організму. Так, було показано, що якщо підвищити концентрацію іонів калію в середовищі, куди поміщена клітина нітели, її струм спокою зменшиться або навіть змінить свій напрямок, тобто пошкоджена ділянка може придбати позитивний потенціал по відношенню до неушкодженого.

Так само, як і в тваринних клітинах, генерація електричних потенціалів в рослинних клітинах можлива лише при наявності певних джерел енергії, тобто неодмінно пов'язана з обмінними процесами. Струм спокою в клітинах водоростей, зокрема, різко зменшується в темряві і відновлюється при освітленні. На окремих органах рослини (листяках, стеблах, коренях) можна легко зареєструвати і потенціали пошкодження (демаркаційні або альтераційні потенціали). Як і при реєстрації потенціалів пошкодження в тваринних тканинах, альтерований ділянку рослини набуває негативний потенціал по відношенню до спочиває, причому

різниця потенціалів може варіювати від 20 до 100 і більше мілівольт.

Демаркаційні потенціали в залежності від характеру пошкодження, а також умов, в яких проводиться їх реєстрація (зокрема, температура), зменшуються з різною швидкістю, але, як правило, швидше, ніж потенціали м'язової і нервової тканини. Вважають, що це явище обумовлено більш швидким відмиранням рослинних клітин, що мають малі розміри [3].

До метаболічних потенціалів відносять різницю потенціалів, що реєструються між двома точками стебла або кореня рослини. Ця різниця потенціалів може досягати 50 – 100 мВ і часто легко пояснюється відмінністю інтенсивності тих чи інших біохімічних процесів в різних частинах рослини. Особливо наочно подібна закономірність виявляється при вивченні електричних потенціалів в листі рослини в процесі фотосинтезу. Так, якщо на одну частину листа діяти світлом, а другу частину затінити, то від електродів, прикладених до цих ділянок, буде відведена різниця потенціалів від 50 до 100 мВ. Повне затінення листа знижує цю різницю потенціалів до вихідного (майже нульового) рівня. Досліди показали, що величина різниці потенціалів в такій же мірі залежить від інтенсивності освітлення, в якій залежить від неї інтенсивність процесу фотосинтезу.

Метаболічні потенціали можуть бути також пов'язані з пересуванням води, солей і органічних речовин по рослині, з рівнем газообміну в листках та іншими фізіологічними процесами, що протікають у рослинах.

В рослинах і органах можна зареєструвати і потенціали в відповідь на різноманітні короткочасні роздратування. Як правило, ділянка стебла рослини, підданий подразненню, набуває місцевий негативний потенціал по відношенню до почилив ділянок. Ця негативність наростає досить швидко (протягом 3 – 5 с), але зникає значно повільніше (декілька хвилин).

Аналогічні потенціали збудження отримані при впливі на органи рослин електричних або хімічних подразників. Якщо розмістити електроди на стеблі гарбуза або квасолі (біполярні відведення), то можна зареєструвати типові двофазні коливання струмів дії, що поширюються в обидва боки від місця подразнення зі швидкістю 40...80 см/хв. Якщо ці струми дії досягали листя, то вони викликали у них тривалі (до 10 – 15 хв) зміни метаболічних потенціалів, латентний період і величина яких залежали від характеру застосованого подразника, умов освітленості, газового середовища та інших умов, у яких перебували листя.

Електричні потенціали рослин тісно пов'язані і з ростовими процесами. Нерівномірність росту зумовлена неоднаковим вмістом у цих ділянках гетероауксину. У свою чергу розподіл гетероауксину залежить від характеру поляризації відповідних частин рослини. Таким чином електричні потенціали можуть бути пусковим стимулом для розвитку даних форм руху рослин [3, 4, 5].

В останні роки дослідження, біоелектричних потенціалів у рослин і набухаючого насіння, набуває великого практичного значення. Використання даних про характер метаболічних потенціалів для визначення ураженості рослин грибними та вірусними захво-

руваннями, для оцінки морозо- і жаростійкі рослин, їх життєздатності і врожайності.

Вивчення біопотенціалів рослин та насіння може використовуватися в селективній роботі, оскільки дозволяє швидко отримувати інформацію про господарську якості гібридів [2].

**Висновки.** Значення біопотенціалів є дуже тонким індикатором стану клітин і клітинних структур, тканин, органів. Дослідження біоелектричних потенціалів має ряд переваг перед іншими методами, оскільки вимірювання біопотенціалів проводиться без пошкодження тканин і порушення метаболізму рослин, і результат діагностики можна отримати швидко.

#### Список використаних джерел

1. Архипов М. Е. Обработка внешних электромагнитных сигналов живыми организмами на клеточном уровне // Материалы I межд. науч.-техн. конф. – Самара: Изд-во Самарск гос. ун-та, 2001. – С. 141.
2. Рубцова М. С. Связь величины биоэлектрических потенциалов прорастающих семян злаков с гетерозисным эффектом и содержанием аминокислот / Е. К. Крутова, И. В. Крупнова, О. Р. Лебедева, – Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского, 2010 – № 2 (2). С. 575 – 579.
3. Чёрная М. А. Биофизический анализ воздействия информационного электромагнитного поля на биологические объекты / М. А. Чёрная, Н. Г. Косулина // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України, 2013. – Вип. 142. – С. 86 – 87.
4. Cherenkov A. Analysis of the electromagnetic field of multilayered biological objects for their irradiation in a waveguide system / M. Chorna V. Popriadukhin, I. Popova, N. Kosulina, // Eastern-European Journal of Enterprize Technologies, 2017. – № 6/5 (90). – С. 58 – 65.
5. Coore D. T, Rurden R. S. Lipid modulation of plasma membrane bound ATPases // Physiol. Plant. 1990. 78. N 1. P. 153 – 159.

#### Аннотация

### ОБОСНОВАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ РАСТЕНИЙ

Чёрная М. А., Кравченко П. А.

*В статье дано обоснование использования биопотенциалов для оценки состояния растений.*

#### Abstract

### RATIONALE OF THE STUDY BIOELECTRIC POTENTIALS TO ASSESS THE STATUS OF PLANTS

M. Chorna, P. Kravchenko

*The article provides a rationale for the use of biopotentials for assessing the state of plants.*