

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI**

*Əlyazması hüququnda*

***NITELLOPSIS OBTUSA***  
**HÜCEYRƏLƏRİNİN PLAZMALEMMA SININ STRUKTUR**  
**LABİLLİYİ VƏ FUNKSIONAL FƏALLIĞI**

İxtisas: 2411.02 – Bitki fiziologiyası

Elm sahəsi: Biologiya

İddiaçı: **Şirin Salam qızı Mahmudova**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün  
təqdim edilmiş dissertasiyanın

**AVTOREFERATI**

**BAKI - 2022**

Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin Botanika İnstitutunun "Eksperimental Botanika" şöbəsində və Bakı Dövlət Universitetinin "Biofizika və biokimya" kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: **biologiya elmləri doktoru, professor**  
**Nağı Alməmməd oğlu Musayev**

Rəsmi opponentlər: **biologiya elmləri doktoru, professor,**  
**AMEA-nın müxbir üzvü**  
**İbrahim Vahab oğlu Əzizov**

**biologiya elmləri doktoru, professor**  
**Ramiz Tağı oğlu Əliyev**

**biologiya üzrə fəlsəfə doktoru, dosent**  
**Rüfət Sədrəddin oğlu Mirzəyev**

Azərbaycan Respublikası Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Elm və Təhsil Nazirliyinin Molekulyar Biologiya və Biotexnologiyalar İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.25 Dissertasiya şurası.

Dissertasiya şurasının **biologiya elmləri doktoru, professor,**  
sədri: **AMEA-nın həqiqi üzvü**  
**İradə Məmməd qızı Hüseynova**

Dissertasiya şurasının **biologiya üzrə fəlsəfə doktoru, dosent**  
elmi katibi: **Ülküzə Əhməd qızı Qurbanova**

Elmi seminarın **biologiya elmləri doktoru**  
sədri: **Yasər Mirzə oğlu Feyziyev**



## İŞİN ÜMUMİ SƏCİYYƏSİ

**Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi.** Bitki hüceyrələrinin plazmatik membranının funksional identifikasiyasına onun elektrofizioloji parametrlərinin dəqiq ölçülməsi metdolarının işlənməsindən sonra başlanılmışdır. Bu metodların orijinal, həmçinin adekvat nümunələri keçən əsrin 30-cu illərində tədqiqat praktikasına daxil edilmiş və hüceyrələrin intaktlığı pozulmadan onların bir sıra elektrofizioloji parametrlərinin (membran potensialı, müqaviməti, tutumu, impedansı, admittansı, ion selləri, ion nüfuzluğu və s.) təyini üçün müvəffəqiyyətlə tətbiq olunmuşdur. Hüceyrələrə ekzogen təsir fonunda həmin parametrlərin dəyişmə xarakteristikalarına əsasən plazmatik membranın keçiricilik modifikatorlarının təsnifatı tərtib olunmuşdur. Lakin onun struktur və poliyarizasiya halının göstəricisi olan elektrik tutumunun labilliyinin tədqiqinə çox az diqqət yetirilmişdir. Bu ilk növbədə həmin kəmiyyətin ölçülməsinin problemləli məqamları ilə əlaqədardır. Digər tərəfdən isə bu səpgidəki tədqiqat materiallarının təhlilinə həsr olunmuş klassik icmallarda<sup>1</sup> həmin kəmiyyət bioloji membranların mütləq, dəyişməz xarakteristikası kimi təqdim edilmişdir. Lakin tədqiqat texnikasının mükəmməlləşdirilməsi həmin kəmiyyətin plazmatik membranın struktur-poliyarizasiya halının göstəricisi qismində labilliyini aşkarlanmışdır.<sup>2</sup> Bizim tədqiqatlar *in vivo* şəraitində intakt hüceyrələrdə aparılmışdır.<sup>3</sup> Bu məqsədlə ekzogen faktor kimi plazmatik membranın daşıma xüsusiyyətlərinin standart modifikatorlarının tətbiq edilməsi, onların

---

<sup>1</sup> Алмерс, В. Воротные токи и движение зарядов в возбудимых мембранах // Мембраны: Ионные каналы, сборник статей, – Москва: Мир, – 1981, – с. 129-236.

<sup>2</sup> Мусаев, Н.А. Механизмы модификации транспортных свойств плазматической мембраны растительных клеток / Н.А.Мусаев, В.М. Юрин, А.И.Соколик [и др.] // Труды Белорусского Государственного Университета, – Минск, – 2012. Т. 7. ч. 1: Физиология растений, – с. 154-160.

<sup>3</sup> Мусаев, Н.А., Воробьев, Л.Н. Электрогенная активность и структурная лабильность плазмалеммы клеток *Nitellopsis obtusa* при повышенных температурах // Физиология растений, – 1981. Т. 28. № 1, – с. 86-93; 48.

törətdikləri struktur-polyarizasiya dəyişikliklərinin identifikasiyası üçün uğurlu bir addım ola bilərdi.

**Tədqiqatın obyektı və predmeti.** Təqdim olunmuş səpgidə tədqiqatların aparılması üçün adətən model obyekt olan *Chara*, *Nitella* və *Nitellopsis* hüceyrələrindən istifadə olunur. Bu hüceyrələrin iri ölçüləri, şəffaflığı, struktur fazalarının aydın differensiasiyası onların intaktlığının saxlanması şəraitində mikroelektrod texnikasının tətbiqi ilə elektrofizioloji parametrlərinin müntəzəm qeyd olunmasını təmin edir. Məhz bu göstərilən xüsusiyyətlər dissertasiya işinin uğurla başa vurulması və alınmış nəticələrin obyektiv şəkildə təqdim olunmasına ciddi təminat verə bilər.

**Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri.** Dissertasiya işinin məqsədi intakt bitki hüceyrələrinin plazmatik membranlarının funksional fəallığı ərəfəsində onun mümkün struktur labilliyinin aşkarlanması və bu qarşılıqlı baş verən hadisələrin elektrofizioloji təhlili olmuşdur. Qarşıya qoyulmuş məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı tədqiqat məsələlərinin həlli nəzərdə tutulmuşdur:

► Plazmatik membranda maddə daşınması modifikatorları olan zülal təbiətli agentlərin təsirindən istifadə edərək onun elektrik tutumunun zülal və lipid fazalarına differensiasiyasını həyata keçirmək;

► Lipofil maddələrin təsirindən istifadə edərək plazmatik membranın funksional fəallıq və struktur labilliyinin elektrofizioloji təhlilini həyata keçirmək;

► Plazmatik membranın elektrogen fəallığının kanal və pompaya differensiasiyası ərəfəsində onun mümkün struktur labilliyinin aşkarlanması və bu effektin elektrofizioloji təhlili;

► Plazmatik membranın selektiv ion kanallarının keçiriciliyinin modifikasiyası zamanı onun mümkün struktur labilliyinin aşkarlanması və elektrofizioloji təhlili;

► Əvvəlki məsələlərin müvəffəqiyyətlə həllini həyata keçirmək üçün “şüşə mikroelektrod holderinin uzun müddətli işini təmin edən tıxac qurğusunun yeni konstruksiyasının işlənməsindən ibarət metodik məsələnin həllinin həyata keçirilməsi.

**Tədqiqatın metodları.** Tədqiqatın nəzəri əsasını Azərbaycan, Rusiya, Amerika Avropa və Avstraliya tədqiqatçılarının əsərləri təşkil etmişdir. Tədqiqatın metodoloji əsası tədqiqat çərçivəsində qarşıya

qoyulmuş məqsəddən irəli gələn vəzifələri həll etməyə imkan verən metodların məcmusundan formalaşmışdır. Tədqiqatlar zamanı obyektiv vəziyyəti qiymətləndirməyə imkan verən ümum elmi, empirik metodlardan: ölçmə, müqayisə, eksperiment və nəzəri tədqiqat metodlarından: aksiomatik analiz, sintez, induksiya, deduksiya, sistemli yanaşma və digər metodlardan istifadə edilmişdir.

#### **Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:**

▶ Bitki hüceyrələrinin plazmatik membranının elektrik tutumu onun lipid fazasının struktur-polyarizasiya halının göstəricisidir;

▶ Plazmatik membranın  $H^+$ -pompalarının funksional fəallığı onun enerji təminatı ilə birgə həmçinin lipid əhatəsinin fiziki halı ilə təyin olunur;

▶  $Co^{2+}$  - mikromolyar konsentrasiyasının bitkilər üçün qidalı mühitlərin əksəriyyətində və qanın tərkibində iştirakının vacibliyi onun plazmatik membranda fəaliyyət göstərən proton pompalarının yüksək funksional fəal halını təmin etməsi üçündür.

▶ Plazmatik membranın elektrogen fəallığını onun lipid fazasına təsir etməklə tənzimləmək mümkündür;

▶  $Ca^{2+}$ -un təsiri ilə plazmatik membranın elektrik tutumunun artması, kationun hüceyrədaxili konsentrasiyasının artması hesabına fəallaşan, plazmatik membranın oksidləşməsinə gətirən fermentativ reaksiyaların nəticəsidir.

**Tədqiqatın elmi yeniliyi.** Mühitdə  $K^+$  ionlarının konsentrasiyasının ( $[K^+]$ ) geniş diapazonunda membran potensialı ( $\varphi_m$ ) və müqavimətinin ( $R_m$ ),  $\varphi_m$  ( $[K^+]$ ) və  $R_m$  ( $[K^+]$ ) asılılıqlarının təhlilinə əsasən *Nitellopsis obtusa* hüceyrələrinin plazmatik membranında iki tip  $K^+$ -kanalının fəaliyyət göstərdiyi müəyyənləşdirilib, onların keçiriciliklərinin tərtibi, fəal halda olduğu membran potensialının diapazonu müəyyənləşdirilmişdir. Zülal təbiətli və molekulları fərqli konformasiyaya malik 2 tip antibiotikin təsiri ilə plazmatik membranın daşıma xüsusiyyətlərinin dəyişməsi reaksiyalarının təhlilinə əsasən müəyyən edilmişdir ki, elektrik tutumunun həmin modifikatorlara qarşı qeyri-həssaslığı onunla əlaqədardır ki, membran zülallarının membranın elektrik tutumunda payı hiss olunmayacaq dərəcədə kiçikdir. Əksinə, plazmatik membrana lipofil maddələrin (dimetilsulfoksid, ditsikloheksilkarbidiimid) təsirindən onun elektrik

tutumunun ciddi dəyişməsi aşkarlanmışdır. Bu nəticələrin təhlilindən müəyyən edilmişdir ki, plazmatik membranın elektrik tutumu onun lipid fazasının göstəricisidir. Plazmatik membranın müqavimətinin  $Co^{2+}$ -in ən effektiv konsentrasiyası daxil olan qidalı mühitlə periodik yuyulması zamanı kationun membranın səthi ilə sərt əlaqəsini əks etdirən “qalıq effekti” aşkarlanıb. Kationun membran lipidləri ilə qarşılıqlı təsir effektləri onun elektrogen fəallığı ilə uzlaşmışdır.  $Ca^{2+}$  kationlarının təsiri zamanı plazmatik membranın funksional fəallığı və struktur labilliyinin uzlaşdığı aşkarlanmışdır. Plazmatik membranın elektrofizioloji fəallığında onun lipid fazasının rolu həmçinin membrana lipofil həlledici dimetilsulfoksidin təsiri zamanı təsdiqlənmişdir. Dissertasiya işində mikroelektrod holderinin dayanıqlı rejimdə işləmə müddətinin dəfələrlə uzadılmasını təmin edən metodik yenilik AMEA-nın Biofizika İnstitutunda sertifikatlaşdırılmışdır.

**Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti.** İşdə təklif olunmuş şüşə mikroelektrod holderinin yeni tıxac qurğusu həm elektrofizioloji tədqiqatlar sahəsində, həm də sənaye miqyasında geniş tətbiq oluna bilər. Bu layihə həmçinin “Universitet və elmi-tədqiqat institutlarında əqli mülkiyyət siyasəti üçün Milli Layihə” çərçivəsində ali təhsil müəssisələrində yaradılmış startap və onların kommersiyalaşdırılması ilə əlaqədar keçirilən sərəgiddə (07 mart 2019 cu il) AMEA-nın Biofizika İnstitutunda keçirilmiş “Molekulyar biofizikanın və molekulyar biokimyayın gələcək perspektivləri” adlı “Elm Günü” tədbirində nümayiş edilmiş və müvafiq sertifikatla dəyərləndirilmişdir. Bu işləmə həmçinin Bakı Ekspo Mərkəzində Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyinin təşkil etmiş olduğu Beynəlxalq Təhsil “EduExpo” sərəgisində nümayiş etdirilmiş (12 oktyabr 2019-cu il) və Nazirliyin rəsmi saytında yerləşdirilmişdir. Dissertasiya işində müəyyənləşdirilmiş müddəalar bitkilərin plazmatik membranında ion daşınmasının ümumi nəzəriyyəsinin qurulmasında istifadə oluna bilər. Alınmış nəticələrin praktiki olaraq hamısı ksenobiotiklərin elektrofizioloji effektlərinin identifikasiyası üçün müvəffəqiyyətlə istifadə oluna bilər.  $Ca^{2+}$  kationlarının təsiri zamanı plazmatik membranın funksional fəallığı və struktur labilliyinin uzlaşdığı effekt tibb praktikasında toxumalarda kationun konsentrasiyasının variasiyasını izləmək üçün istifadə oluna bilər. Əldə edilmiş elmi

nəticələr biofizika, biokimya, ekologiya, toksikologiyanın tətbiqi məsələlərinin, xüsusən kənd təsərrüfatı kulturalarının mineral qidalanmasının optimallaşdırılması məsələlərinin həllində istifadə oluna bilər. Riyazi statistika metodları ilə qərarlaşdırılmış asılılıqlar plazmatik membranda ion daşınmasının ümumi nəzəriyyəsinin müəyyən mərhələlərində istifadə oluna bilər.

**Aprobasiyası və tətbiqi.** Dissertasiya materiallarının əsas müddələri Gənc Alimlərin və tədqiqatçıların “Müasir biologiyada innovativ yanaşmalar” mövzusunda VII Beynəlxalq elmi Konfransında (27-28 aprel, Bakı-2017), “Urbanizasiyalı sənayeləşmə şəraitində mədəni irsin və biomüxtəlifliyin qorunması” Beynəlxalq elmi konfransında (29-30 aprel, Gəncə- 2017), Gənc alimlərin və tədqiqatçıların “Müasir biologiyada innovativ yanaşmalar” mövzusunda VIII Beynəlxalq elmi Konfransında (27-28 aprel, Bakı-2018), C.Əliyevin 90 illik yubleyinə həsr olunmuş gənc tədqiqatçıların Ümumi Respublika konfransında (31 oktyabr Bakı-2018), “Universitet və elmi-tədqiqat institutlarında əqli mülkiyyət siyasəti üçün Milli Layihə” çərçivəsində ali təhsil müəsisələrində yaradılmış startap və onların komersiyalaşdırılması ilə əlaqədar keçirilən sərgidə (07 mart 2019) nümayiş etdirilmiş və Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyinin rəsmi saytında yerləşdirilmişdir; 14-15 mart 2019-cu ildə AMEA-nın Biofizika İnstitutunda keçirilmiş “Molekulyar biofizikanın və molekulyar biokimyanın gələcək perspektivləri” adlı “Elm Günü” tədbirində, “Новые нетрадиционные растения и перспективы их использования” Beynəlxalq simpoziumunda (Пушино, 17-21 июнь 2019 год), Rusiya Biofiziklərinin VI Qurultayında (16-19 октябрь, Сочи-2019 год), Respublika Təhsil Nazirliyinin Bakı Ekspo Mərkəzində XIII Azərbaycan Beynəlxalq Təhsil “EduExspo” sərgisində (10-12 oktyabr, Bakı-2019), “Актуальные вопросы биологической физики и химии” beynəlxalq elmi konfransında (21 - 25 сентябрь, Севастополь-2020 год). çap olunmuşdur.

**Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı.** Dissertasiya Elm və Təhsil Nazirliyinin Botanika İnstitutunun “Eksperimental Botanika” şöbəsində və Bakı Dövlət Universitetinin “Biofizika və biokimya” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

**Dərc edilmiş əsərlər:** Dissertasiya işinin əsas nəticələri 16 elmi əsərdə, şərh edilmişdir. Bu nəşrlərə 10 referatlaşdırılmış jurnallarda məqalə, onlardan 6-si AAK-ın Beynəlxalq nəşr keyfiyyətində qəbul etdiyi jurnallarda, 2 beynəlxalq konfrans məqaləsi, 2 beynəlxalq konfransın nəşrlərində çapdan çıxmış tezis aiddir.

**Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi:** Dissertasiyanın strukturunda giriş 6 səhifə olub 10304 işarədən, birinci fəsil 36 səhifə olub 67998 işarədən, ikinci fəsil 18 səhifə olub 29015 işarədən, üçüncü fəsil 60 səhifə olub 105243 işarədən, yekun 6 səhifə olub 11607 işarədən, nəticə 3 səhifə olub 3665 işarədən, 208 sayda ədəbiyyat siyahısı 23 səhifə olub 32226 işarədən ibarətdir. Dissertasiya 154 səhifə kompüter yazısından ibarət olmaqla, ümumi həcmi 2480212 işarə təşkil edir. Dissertasiyanın ümumi mətn hissəsi (əlavələr və ədəbiyyat siyahısı istisna edilməklə) isə 129 səhifə kompüter yazısı və ya 206586 işarə təşkil edir.

## **İŞİN ƏSAS MƏZMUNU**

### **I FƏSİL. Ədəbiyyat icmal**

Dissertasiya işinin birinci fəslində mütənasib həcmdə tərtib edilmiş “Ədəbiyyat icmal”-nın şərh verilmişdir. İcmal əsasən müxtəlif tip membranlarda maddə daşınmasının elektrokimyəvi xüsusiyyətlərinin müxtəlif sinifdən olan modifikatorların təsiri ilə dəyişmə reaksiyalarının təhlilinə həsr edilmişdir. Bu tənqidi təhlilin nəticəsi olaraq müəllif tərəfindən tədqiqat məsələləri müəyyənləşdirilmiş və onların həlli proqramı şərh edilmişdir. İcmalda istifadə olunmuş mənbələrin əlli faizdən çoxu son on ilin nəşrlərini əhatə edir.

### **II FƏSİL. Tədqiqatın obyekt və metodları**

Təcrübələrimizdə elektrofizioloji tədqiqatların əsas obyektlərindən biri, *Chara*-lar sinfinə aid yaşıl yosun olan *Nitellopsis obtusa*-nın buğumarası hüceyrələrindən istifadə edilmişdir. Bu hüceyrələrin iri ölçüləri (diametr- 1 mm-ə qədər, uzunluğu 10 sm), hüceyrə qılafının



şəffaflığı, struktur fazalarının aydın differensiasiyası, yüksək elektrogen fəallığı (-110÷-270 mV) onların intaktlığının saxlanması şəraitində mikroelektrod texnikasının tətbiqi ilə elektrofizioloji parametrlərinin müntəzəm qeyd olunmasını təmin edir. *Nitellopsis obtusa* hüceyrələrinin bütün bu xüsusiyyətlərinin nəzərə alınması şəraitində onların elektrik tutumunun labilliyini aşkarlamaq mümkün olmuşdur. Alınmış nəticələrin yəqinliyi, etibarlılığı isə tətbiq olunan metodikanın zaman-zaman keçdiyi sınaqların sadəliyi ilə təmin olunmuşdur.

Hüceyrələrin elektrofizioloji parametrlərinin müntəzəm qeydiyatı silindirik formalı *Chara* hüceyrələri üçün işlənmiş elektrofizioloji qurğu vasitəsi ilə həyata keçirilmişdir. Üsul tədqiqat obyektinə müntəzəm olaraq səs tezlikli dəyişən və sabit cərəyanların ( $10^{-4}$  A/m<sup>2</sup> sıxlıqlı) tətbiqinə əsaslanır. Ölçmələrdə hüceyrələrin daxili fazası (vakuol və ya sitoplazma) ilə ölçü cihazlarının girişi arasında elektrik rəbitəsi şüşə mikroelektrodların tətbiqi ilə mümkün olmuşdur.

$R_m$ -in ölçülməsi hər iki cərəyanın tətbiqi ilə mümkün olmuşdur. Bunun üçün plazmalemmadan buraxılan cərəyanın hesabına orada yaranan əlavə gərginlik düşgüsü ( $\Delta U$ ), yəni elektrotonik potensial qeyd edilmişdir. Plazmalemmanın  $R_m$ -in hesablanması elektrotonik potensial və ondan axan  $I_0$  -cərəyan şiddətinə görə Om qanununa əsasən aparılmışdır. Plazmalemmanın vahid sahəsinin elektrik tutumu  $C_m$  dəyişən cərəyanın fiksə olunmuş tezliyində (adətən 30 Hz) tutum müqavimətinin düsturundan  $C_m = 1/2\pi f X_c$  kimi hesablanmışdır. Burada  $X_c$  plazmalemmanın tutum müqavimətidir.

Plazmalemmada mövcud olan elektrokimyəvi potensial qradientini təyin etmək üçün bir neçə təcrübədə sitoplazmada  $K^+$ -həssas mikroelektrodların köməyi ilə  $K^+$ -ionlarının sitoplazmatik aktivliyi  $a_k^+$  ölçülmüşdür.  $a_k^+ = 104 \pm 6$  mM olmuşdur. Bəzi modifikatorların təmizliyini yoxlanılması üçün nüvə maqnit rezonansı spektrometrindən (Bruker-300, Almaniya) istifadə edilmişdir. İşlədilən məhlulların pH göstəricisinə “Metrohm-827” (İsveçrə) cihazı vasitəsi ilə nəzarət edilmişdir. Nəticələrin işlənməsi “Microsoft Excel-16” kompyuter proqramından istifadə etməklə aparılmışdır.

### III FƏSİL. Nəticələr və onların müzakirəsi

#### 1. *Nitellopsis obtusa* hüceyrələrinin mühitin standart şəraitində əsas elektrofizioloji parametrləri

Bitkilərin plazmatik membranlarının əsas elektrofizioloji parametrləri onun müqaviməti, potensialı və elektrik tutumudur. Lakin bu kəmiyyətlərin dəqiq ölçülməsi həmçinin hüceyrə qılafının müqavimət və potensialının qiymətləndirilməsini tələb edir. Ölçmələrin ilkin mərhələsində ölçü mikroelektrodunun ucu ilə hüceyrə qılafına toxunduqda kiçik kəmiyyətli potensiallar fərqi qeyd olunur. Hüceyrədən buraxılan cərəyan şiddəti  $I_0$  və hüceyrə qılafında düşən  $\Delta\phi$  gərginlik düşgüsünə görə onun vahid səth sahəsinin  $R_0$  müqaviməti hesablanmışdır. 64 hüceyrə üçün bu kəmiyyətin orta qiyməti  $R_0=0,34\pm 0,01 \text{ Om}\cdot\text{m}^{-2}$  olmuşdur. Bu kəmiyyətin ölçülməsi membranın tutum müqavimətinin dəqiq təyini üçün çox vacibdir.

Təcrübə hüceyrəsinə hər iki mikroelektrod daxil edilməsindən sonra onun potensialı ( $\phi_m$ ), müqaviməti ( $R_m$ ) və impedansının ( $Z$ ) müntəzəm qeydiyyata başlamışdır. Bunun üçün təcrübə hüceyrəsindən fasiləsiz olaraq 30-40 Hz tezlikli dəyişən elektrik cərəyanı buraxılmışdır. Dəyişən cərəyanın sıxlığı *Chara*-lar üçün onun yol verilən qiymətindən ( $0,1\text{A}/\text{m}^2$ ) bir tərtib aşağı olmuşdur. Beləliklə təcrübə ərəfəsində tədqiqat hüceyrəsinin intaktlığı pozulmamışdır.

Hüceyrələrin elektrofizioloji parametrlərinin stasionar səviyyədə qərarlaşması 50-80 dəqiqə müddətində baş vermişdir. Prosesin kinetikasi tamamilə hüceyrələrin malik olduğu potensialın başlanğıc səviyyəsi ilə təyin olunmuşdur.  $\phi_m$  –in nisbətən aşağı ( $-120 \text{ mV}$ ) və nisbətən yuxarı ( $-230 \text{ mV}$ ) səviyyələrində onun stasionar səviyyədə qərarlaşması tez baş vermişdir.

Hüceyrələrin impedansının müntəzəm qeydiyyata onun plazmatik membranının elektrik tutumuna müntəzəm nəzarət etmək imkanı yaratmışdır.

Qoyulmuş tədqiqat məsələlərinin həlli proqramına müvafiq olaraq həmçinin hüceyrələrin membran potensialının müntəzəm qeydiyyata vacib olmuşdur. Hüceyrələrin plazmatik membranının funksional fəallığı zamanı onun struktur labilliyinin identifikasiyası

üçün dörd elektrofizioloji parametrin dəyişmə qanunauyğunlarının təhlilinin aparılması mümkün olmuşdur.

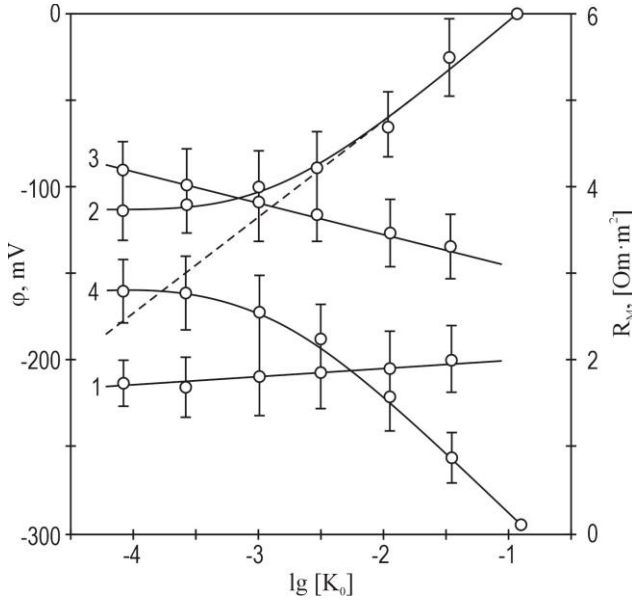
Ölçmələrdə təcrübə hüceyrəsinə ilk növbədə cərəyan mikroelektrodu daxil edilmişdir. Bu zaman protoplazmanın hərəkətinin qısamüddətli (60-80 san) tormozlanması baş vermişdir. Protoplazmanın hərəkət sürəti bərpa olunduqdan sonra hüceyrəyə ikinci, ölçü mikroelektrodu daxil edilmişdir.

Mühitin standart şəraitində 100 hüceyrə üçün  $\varphi_m$  - 100 ÷ -240 mV aralığında,  $R_m$  2,3 ÷ 9  $\text{Om} \cdot \text{m}^2$  aralığında, 30 hüceyrə üçün  $C_m$  0,44-1,4  $\text{mkF} \cdot \text{sm}^{-2}$  aralığında səpələnmiş və kəmiyyətlərin orta qiymətləri:  $\varphi_m = -171 \pm 0,4$  mV,  $R_m = 3,8 \pm 0,15$   $\text{Om} \cdot \text{m}^2$ ,  $C_m = 0,93 \pm 0,12$   $\text{mkf} \cdot \text{sm}^{-2}$  təşkil etmişdir.

## 2. *Nitellopsis obtusa* hüceyrələrinin plazmatik membranının $\text{K}^+$ -xarakteristikaları

Hüceyrə membranı səviyyəsində icra olunan proseslərdə ən önəmli rol  $\text{K}^+$  ionlarına məxsusdur. Bu ionlar maddə daşınması sisteminin (pompə, diffuzion mübadilə, asanlaşmış diffuziya, kotransport sistemləri və.i.a) ən vacib sub substratlarıdır. Bütün bu proseslərin nəticəsi olaraq  $\text{K}^+$  ionları əsas potensial törədici ion statusu “qazanmışdır”. Ona görə də hüceyrə membranında baş verən struktur-funksional modifikasiyaların təhlili membranın  $\text{K}^+$ -xarakteristikalarını nəzərə almadan mümkün deyildir. Membranın  $\text{K}^+$ -xarakteristikaları dedikdə onun elektrofizioloji parametrlərinin mühitdə  $\text{K}^+$  ionlarının konsentrasiyasının artması zamanı meydana çıxan elektrokimyəvi effektlərin məcmusu başa düşülür. Bu nöqtəyi nəzərdən başlanğıc membran potensialı yüksək, -180 ÷ -270 mV olan hüceyrələr kationun mühitdə konsentrasiyasının artmasına reaksiya verməmişlər. Bu zaman plazmatik membran  $zF\varphi=18$  kC/mol tərtibli elektrokimyəvi potensiallar qradienti təsirinə məruz qalır. Burada ilkin müşahidəmiz ondan ibarət oldu ki, *Nitellopsis obtusa* olan mühitdə  $\text{K}^+$  ionlarının konsentrasiyasının mühitdə 10,100 dəfə artması plazmalemmmanın struktur-polyarizasiya halını dəyişməmişdir. Bu zaman hüceyrələrin  $\varphi_m$ ,  $R_m$  parametrlərinin dəyişmələri kəmiyyətcə onların membran potensialının ilkin səviyyəsindən asılı olmuşdur (Sək. 1). Bu asılılıqların təhlilinə əsasən hüceyrələrin plazmalemmalarında membran

potensialının müxtəlif aralıqlarında 2 tip  $K^+$ - kanalların fəaliyyət göstərdiyi müəyyənləşdirilmişdir. Bu kanallar elmi ədəbiyyatda daxilə (DDKK) və xaricə (XDKK) yönləndirilən kalium kanalları adlandırılır. Membran potensialının kanalın fəal halda olduğu aralığı həmin kanalların fəallaşma diapazonu adlanır və bu kəmiyyət mV-larla ölçülür.



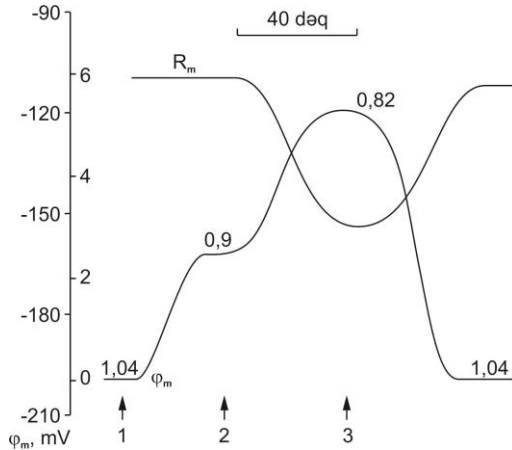
Şəkil.1. *Nitellopsis obtusa* hüceyrələrinin plazmatik membranın potensialı  $\phi_m$  və müqaviməti  $R_m$  -in mühitdəki kalium ionlarının konsentrasiyasının onluq loqarifmindən asılılığı. 1,3 asılıqları membran potensialı daxilə düzləndirilən  $K^+$  -kanalları fəal halda olan hüceyrələrin uyğun olaraq potensial və müqavimətinin, 2,4 isə xaricə düzləndirilən  $K^+$  -kanalları fəal halda olan hüceyrələrin həmin kəmiyyətlərinin müvafiq asılıqlarıdır. Punktirlə Nernst asılılığı göstərilmişdir.

Beləliklə *Nitellopsis obtusa* hüceyrələrinin elektrofizioloji parametrlərinin xarici mühitdə  $K^+$  ionlarının konsentrasiyasının artırılmasına qarşı reaksiyaların təhlildən aşağıdakı qanataət gəlmişik. İntakt hüceyrələrin plazmatik membranlarında fəallaşma diapazonu -

270 ÷ -170 mV və -170 ÷ -120 mV olan müvafiq olaraq daxilə (DDKK) və xaricə (XDKK) yönləndirilən 2 tip  $K^+$ -kanalı fəaliyyət göstərir.

### 3. Plazmatik membranın elektrogen fəallığının pompa və kanala differensiasiyası

Plazmalemmanın struktur-funksional xüsusiyyətlərinin təhlili onun əsas funksional elementləri olan  $H^+$ -pompasının elektrik hərəkət qüvvəsinin kəmiyyəti, daxili müqaviməti, generasiya olunan cərəyanın sıxlığı, pompanın fəaliyyət rejiminin (cərəyan və ya gərginlik rejimində fəaliyyəti) müəyyənləşdirilməsi, şuntlayıcı yükün kəmiyyəti və xarakterinin adekvat skriningi olmadan mümkün deyildir. Qarşıya qoyulmuş tədqiqat məsələlərinin həllinə  $H^+$ -pompaların fəaliyyətinin inqibitor təhlili vasitəsi ilə nail olmaq mümkündür.



Səkil 2. *Nitellopsis* hüceyrəsinin DDKK- fəal halda olan mühitə  $10^{-6}$  və  $5 \cdot 10^{-6} M$  DSKD-ın ardıcıl daxil edilməsi zaman,  $\varphi_m$ ,  $R_m$ ,  $C_m$  parametrlərinin dəyişmə kinetikasi. Şəkildə 1 və 2 oxları ilə ingibitorun mühitə  $10^{-6}$  və  $5 \cdot 10^{-6} M$  konsentrasiyalarının daxil olma anı, 3 oxu ilə standart mühitin tərkibindən ingibitorun çıxarılması anı göstərilmişdir. Plazmatik membranın elektrik tutumunun ( $mkF \cdot sm^{-2}$ )

dəyişməsinə onun  $\varphi_m$  kinetik əyrisi üzərindəki rəqəmlərə görə izləmək olar.

İngibitor təhlili bizim tədqiqatlarda  $H^+$ -ATPaz-ların (pompa-ların) spesifik ingibitoru olan ditsikliheksilkarbodiimidin (DSKD) tətbiqi ilə aparılmışdır.

Təcrübə hüceyrələrinin elektrogen fəallığının  $K^+$ -kanal və pompaya differensiyası ingibitorun  $10^{-6}$  və  $5 \cdot 10^{-6}$  M konsentrasiyasının tətbiqi ilə aparılmışdır. İngibitorun bu konsentasiyalarının təsiri reaksiyalarının kinetikası Sək.2 – də verilmişdir.

*Nitelopsis obtusa* hüceyrələrinin standart və ingibitor daxil edilmiş mühitdəki V-A-xarakteristikalarının müqayisəsinə əsasən  $H^+$ -pompanın daxili müqaviməti  $R_p = 4 \text{ Om} \cdot \text{m}^2$ , EQ-si üçün  $-360 \text{ mV}$ , qısa qapanma cərəyanı üçün  $0,09 \text{ A/m}^2$  tapılmışdır. Bununla belə  $H^+$ -pompanın ingibirləşməsi plazmalemmaın elektrik tutumunun 27% azalması ilə müşayət olunmuşdur. Bu fakt plazmalemmaın struktur-funksional əlaqəliliyinin göstəricisi ola bilər.

#### **4. Plazmatik membranın elektrik tutumunun lipid və zülal fazalarına differensiasiyası**

Bu məqsədlə *Nitelopsis obtusa* hüceyrələrinin plazmalemmasının tərkibinə həm xətti, həm də tsiklik konformasiyalı zülulların qoşulması zamanı baş verən elektrofizioloji reaksiyaların təhlilini aparmaq qərarına gəlmişik.

Tsiklik konformasiyalı valinomisinin bilipid təbəqəsində membranotrop təsiri ətraflı tədqiq edilmiş  $K^+$ -ionlarının mütəhərrik daşıyıcısı kimi təsnifatlaşdırılmışdır. Bizim təcrübələrdə hüceyrələrin plazmalemmasının daha effektiv elektrofizioloji reaksiyaları membran potensialı daxilə düzləndirən  $K^+$ -kanallarının fəallaşma diapazonunda olan hüceyrələrdə aşkarlanmışdır. Bu tip hüceyrələrin yerləşdiyi standart mühitə  $10^{-6}$  M valinomisinin daxil edilməsi 30 dəq ərzində plazmatik membranı 25-3mV qədər depolyarlaşdırmışdır. Nəticədə plazmatik membranın potensialı mütləq qiymətə  $K^+$ -tarazlıq potensialı səviyyəsinə qədər azalmışdır. Plazmanın dipolyarlaşması membran müqavimətinin 25-30% azalması ilə müşayət olunmuşdur.

Plazmatik membranın konsentrasiyasının 10 dəfə artımı plazmatik membranın elektrofizioloji parametrlərinin nəzərə çarpan dəyişməsi baş verməmişdir. Mühitdən antibiotikin kənarlaşmasından sonra plazmatik membranın  $\varphi_m$  və  $R_m$  parametrləri ilkin səviyyələrində bərpa olmuşlar. Membran potensialının göstərilmiş diapazonunda  $K^+$ -ionlarının hüceyrədaxili aktivliyinin ölçülmüş qiyməti  $a_{k^+} = 104$  mM təşkil edir. Görmək olar ki,  $K^+$  ionlarının plazmalemmada qradiyentinin istiqaməti hüceyrə daxilinə yönəlmişdir.

Xətti konformasialı ionofor keyfiyyətində qramisidin A ( $10^{-8}$  M) antibiotikindən istifadə edilmişdir. Antibiotik molekulunun hidrofobluğu onun sulu mühitdə burularaq xətti konformasiyadan spirala çevrilməsinə gətirir. Bu isə onun asanlıqla membranın tərkibinə qoşulmasını təmin edir. Spiralın uzunluğu membran monotəbəqəsinin qalınlığı (bitəbəqənin qalınlığının yarısı) qədərdir.

Qramisidin də *Nitellopsis obtusa* hüceyrələrində əsas elektrofizioloji effektləri membran potensialı daxilə yönləndirilən  $K^+$ -kanallarının fəallaşma diapazonunda aşkarlanmışdır.  $Na^+$  və  $K^+$  ionlarının sitozol və standart mühitin tərkibindəki konsentrasiyalarına diqqət yetirək görmək olar ki, membran potensialının həmin səviyyələrində plazmatik membran hüceyrədaxili mühitə yönəlmiş elektrokimyəvi potensial qradiyentinə məruz qalır. Bu qradiyent hüceyrə daxilinə yönəldiyindən qrammisidin təsiri ilə plazmatik membranda formalaşmış  $K^+$  və  $Na^+$  ionlarının daşınması üçün “əlavə yolların” əmələ gəlməsi həmin qradianti reallaşdırmaq imkanı yaradır.

Antibiotikin bu effekti şübhəsiz plazmatik membranda ion daşıma komplekslərinin əmələ gəlməsini sübut edir. Antibiotikin SGS-un tərkibindən çıxarılması zamanı elektrofizioloji parametrlərin ilkin səviyyədə qərarlaşması ən azı 45 dəq müddətində baş vermişdir. Bu fakt onun göstərir ki, qramisidin plazmatik membranın tərkibinə qoşularaq orada ion kanalı formalaşdırır. İonoforun mütəhərək daşıyıcı formalaşdırdığı halda onun membranda yuyulması prosesinin müddəti 20 dəqiqəni aşmır. Bu təcrübələrin nəticəsində qərarlaşdırılmış ən maraqlı fakt ondan ibarətdir ki, qrammisidin törətdiyi elektrofizioloji effektlər valinomisin halında olduğu kimi plazmatik membranın elektrik tutumunun sabitliyi şəraitində baş vermişdir. Plazmatik membranda antibiotikin təsiri ilə formalaşmış  $K^+$

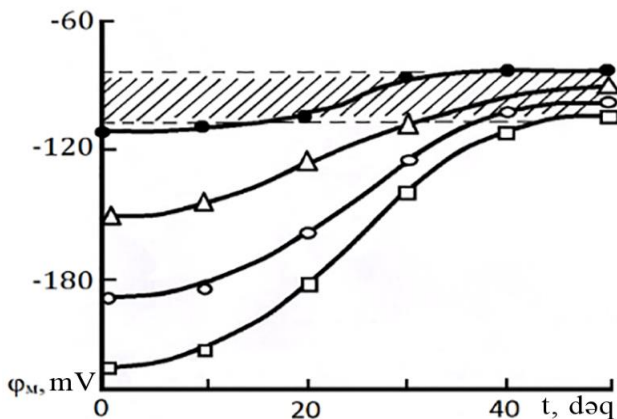
və  $\text{Na}^+$  ionlarının daşınması üçün “əlavə yolların” əmələ gəlməsi membran tutumunun sabitliyi şəraitində baş vermişdir. Buradan belə nəticəyə gəlmək olar ki, plazmatik membranın elektrik tutumu onun lipid fazasının struktur –polyarizasiya halını əks etdirir.

### **5. *Nitellopsis obtusa* hüceyrələrinin plazmatik membranının funksional fəallıq və struktur-polyarizasiya xüsusiyyətlərinə dimetilsulfoksidin təsiri**

Dimetilsulfoksid polyar həlledici olmaqla canlı aləmdə yüksək nüfuz etmə qabiliyyəti nümayiş etdirir. Bu səbəbdən onun təsiri ilə plazmalemmada baş verən struktur-funksional dəyişiklərin elektrofizioloji təhlili həmin xüsusiyyətlərin öz aralarında mümkün olan qarşılıqlı əlaqələrin identifikasiyası üçün çox qiymətli informasiyalar verə bilər. Beləliklə tədqiqatlarımızın növbəti mərhələsi həlledicinin *Nitellopsis obtusa* hüceyrələrinin plazmalemmasına təsirinin elektrofizioloji təhlili olmuşdur.

Hüceyrələrin plazmatik membranının elektrofizioloji parametrlərinin mühitin tərkibinə DMSO əlavə edilməsinə qarşı reaksiyaları həm keyfiyyət, həm də kəmiyyətə onların membran potensialının standart şəraitdəki səviyyəsindən asılı olmuşdur. SGS-un tərkibində elektrofizioloji reaksiya törədən DMSO-un minimal konsentrasiyası 1% olmuşdur.  $\phi_m$ -in -180 mV səviyyələrində standart mühitə 1% DMSO əlavə edilməsinə qarşı plazmalemmanın reaksiyası membran müqavimətinin sabit  $R_m = 4,40 \text{ m}^2$  səviyyəsində 20-25 mV hiperpolyarlaşması və membran tutumunun 22-26% artması olmuşdur. Həlledicinin mühitdəki konsentrasiyasının 2 dəfə artırılması əvvəlcə plazmatik membranın ötrə hiperpolyarlaşmasını törətmişdir. Bu hadisənin arxasınca membranın 60-70 mV depolyarlaşma fazası başlamışdır. Plazmalemmanın depolyarlaşmasının kinetik əyriləri çoxluğu Sək.3-də verilmişdir.





Səkil 3. *Nitellopsis obtusa* hüceyrələrinin plazmatik membranının potensialının SGS-dəki DMSO-nun konsentrasiyasından asılılıqları. Qrafikdəki nöqtələr həlledicinin mühitdəki: □-2% ○-3%, △-4% ●-5% konsentrasiyalarına müvafiqdir. Nöqtələrlə təcrübi kəmiyyətlərin orta qiymətləri göstərilmişdir. Orta kvadratik kənarlanma əsas kəmiyyətin 9 %-ni aşmamışdır.

Bu proses plazmatik membranın müqavimətinin nəzərə çarpacaq azalması və elektrik tutumunun isə sonrakı artımı ilə müşayiət olunmuşdur.

Hüceyrə membranının elektrik tutumunu ölçməklə onun fiziki halı, polyarlaşma dərəcəsi (səth yüklərinin miqdarı və onların paylanmasının xarakteri), xətti ölçüləri (xüsusən membranın qalınlığı), dielektrik keyfiyyətləri barədə informasiya almaq mümkündür. Mövcud ədəbiyyat məlumatları və dissertasiya işinin əvvəlki müəyyən olunmuş nəticələrə görə bioloji membranların elektrik tutumu əsasən onların lipid fazasının struktur- polyarizasiya halını əks etdirir. *Nitellopsis obtusa* hüceyrələrində plazmatik membranın elektrik tutumunun onun lipid-zülal fazalarına differensiallamaq cəhdi qeyd olunmuş müddəanı təsdiqlədi. DMSO-nun elektrofizioloji effektlərinin təhlilinə yekun vuraraq görmək olar ki, həlledicinin təsirinin ilkin mərhələsində hüceyrənin plazmatik membranının struktur – polyarizasiya xüsusiyyətlərində elektrik tutumunun dəyişməsi kimi

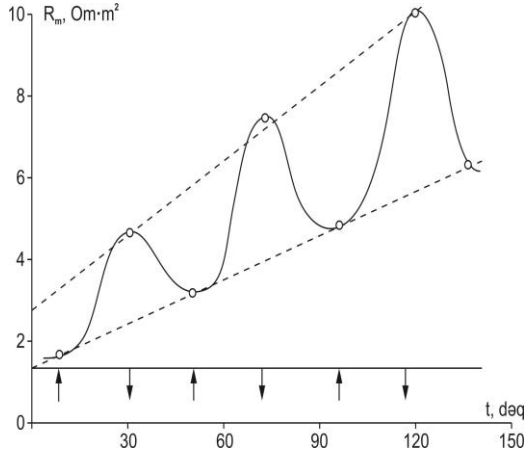
zahir olunan yenidənqurma prosesləri baş verir. Həlledicinin təsirinin növbəti mərhələsində isə plazmatik membranın daşıma kommunikasiyasının konformasiya dəyişikliklərinin hesabına onların inaktivləşməsi baş verir.

Hüceyrələrin membran potensialı, müqaviməti və elektrik tutumunun DMSO-nin təsiri ilə dəyişməsi qanunauyğunluqlarının nəzəri və təcrübi təhlilinə əsasən aşağıdakı yekun nəticələrə gəlmişik: dimetilsulfoksid bioloji membranların daşıma xüsusiyyətlərinin effektiv tənzimləyici keyfiyyətində tətbiq oluna bilər, dimetilsulfoksidin hüceyrə membranına təsirinin ilkin mərhələsi membranın elektrik tutumunun dəyişməsi ilə onun lipid fazasında baş verir.

### **6. *Nitellopsis obtusa* hüceyrələrinin plazmatik membranının elektrogen fəallığı və struktur- polyarizasiya halının $\text{Co}^{2+}$ ionunun təsiri ilə dəyişməsinin elektrofizioloji xüsusiyyətləri**

Kationun təsirinə qarşı plazmalemmmanın elektrofizioloji reaksiyalarının xarakteri onun konsentrasiyası və tədqiqat hüceyrəsinin membran potensialının standart şəraitdəki səviyyəsindən asılı olmuşdur.  $\text{Co}^{2+}$ - in elektrofizioloji effektləri membran potensialı əsasən xaricə düzləndirən  $\text{K}^+$ -kanalları fəal halda olan hüceyrələrdə aşkarlanmışdır.

Kationun  $10^{-3}$  M konsentrasiyasının cəlb edici effektlərindən biri onun qidalı mühitin tərkibindən çıxarılması zamanı baş vermişdir.  $\text{Co}^{2+}$  qidalı mühitin tərkibindən çıxarıldıqdan sonra 80-90 dəq ərzində plazmalemmmanın elektrofizioloji parametrlərinin başlanğıc səviyyədə bərpa olunması baş verməmişdir. Bu kationun membranın səthi ilə sərt rabitə əmələ gətirməsinin nəticəsidir. Digər tərəfdən isə, kationun həmin konsentrasiyasının mühitə təkrar daxil edilməsi zamanı membran müqaviməti  $R_m$ -in yenidən çoxdəfəli artması baş vermişdir. Lakin kationun təkrar təsiri zamanı  $R_m$ - in qərarlaşdığı səviyyə onun əvvəlki səviyyəsindən 30-50% yuxarı olmuşdur. Membran müqavimətinin artımının kəmiyyəti kationon birinci qarşılıqlı təsirdəki effektini aşmışdır (Şəkl 4).



Şəkil 4. *Nitellopsis obtusa* hüceyrələrinin plazmatik membranının müqavimətinin mühitə təkrar olaraq  $10^{-3}\text{M}$   $\text{CoCl}_2$  –in əlavə edilməsi zamanı dəyişmə kinetikası əyrisi. Yuxarı yönəlmiş oxlarla qidalı mühitin tərkibinə  $10^{-3}\text{M}$   $\text{CoCl}_2$ -in daxil olması, aşağı yönəlmiş oxlarla isə mühitin tərkibindən  $10^{-3}\text{M}$   $\text{CoCl}_2$ -in kənarlaşdırılması anları göstərilmişdir.

Burada kationun plazmatik membrana təkrar təsiri zamanı  $R_m$  qərarlaşdığı səviyyə onun əvvəlki qarşılıqlı təsirdən sonrakı səviyyəsindən 25-40% yuxarı olmuşdur.  $R_m$ -lərin qərarlaşdığı səviyyələrin orta qiymətləri absis oxuna nəzərən  $0,33 \text{ Ohm}\cdot\text{m}^2 / \text{daq}$  diklikli düz xətt üzərində yerləşmişlər.  $R_m$ -lərin kation olan mühitdəki maksimal qiymətləri isə dikliyi  $0,58 \text{ Ohm}\cdot\text{m}^2 / \text{daq}$  diklikli düz xətt üzərinə düşmüşdür (Şək. 4).

Kationun intakt hüceyrələrin plazmatik membranı ilə qarşılıqlı təsiri zamanı yuxarıda təsvir olunmuş bu effekti ilk dəfə bizim təcrübələrdə aşkar edilmişdir. Qeyd etmək vacibdir ki, analogi hadisə *Nitellopsis obtusa* və *Chara*-ların digər növü olan *Acetabularia Mediterranea* hüceyrələrində temperaturun təsiri zamanı membran potensialının davranışının təhlili zamanı da aşkarlanmışdır.

## **7. $\text{Ca}^{2+}$ ionlarının təsiri ilə plazmatik membranın elektrogen fəallığı və struktur labilliyi**

$\text{Ca}^{2+}$ - ionları hüceyrə membranlarının struktur-funksional göctəricilərinə təsir nöqtəyi nəzərdən polifunksional xüsusiyyətə malikdir. Hüceyrə daxilində kationun konsentrasiyası mkM, mühitdə isə mM tərtibində olduğu üçün həmin kationların hüceyrə daxilinə düşməsi ehtimalı həmişə mövcuddur. Bu prosesə izolə olunmuş hüceyrə nöqtəyi nəzərdən baxdıqda isə aydın olur ki, həmin ehtimalın təmin olunması kationun plazmalemmarı nüfuz etməsi ilə baş verə bilər. Plazmatik membranın keçiricilik halları potensialdan asılıdır. Ona görə də mühitdə  $\text{Ca}^{2+}$  ionlarının konsentrasiyasının artmasına qarşı hüceyrələrin elektrofizioloji reaksiyalarının təhlili plazmatik membranın keçiricilik hallarını təyin edən potensial aralıqları üçün ayrılıqda aparılmalıdır.

## **8. Xaricə düzləndirilən $\text{K}^+$ -kanalları fəal halda olan plazmatik membranın elektrofizioloji xüsusiyyətlərinə $\text{Ca}^{2+}$ ionlarının mühitdəki konsentrasiyasının artırılmasının təsiri**

Membran potensialı xaricə düzləndirən  $\text{K}^+$ -kanallarının fəallaşma diapazonunda olan hüceyrələr mühitdə  $\text{Ca}^{2+}$  ionlarının konsentrasiyasının 2-3 dəfə artırılmasına plazmatik membranının 15-20 mV qədər hiperpolyarlaşması, membran müqavimətinin 25% artması ilə reaksiya vermişlər. Kationun mühitdə konsentrasiyasının 10 dəfə artırılması nəticəsində membran potensialı mütləq qiymətə 200 mV səviyyəsinə qədər yüksəlmiş, membran müqavimətinin artımı isə 2 dəfədən artıq olmuşdur. Hüceyrələrin qeyd olunmuş hiperpolyarlaşması fonunda plazmatik membranın elektrik tutumunun 15-20% artması müşahidə edilmişdir.  $\text{Ca}^{2+}$  kationlarının mühitdəki konsentrasiyasının ilkin səviyyəyə qaytarılması plazmatik membranın elektrofizioloji parametrlərinin öz başlanğıc səviyyələrində qərarlaşması ilə yekunlaşmışdır.

Variasiya statistikasının qanunlarına əsasən hüceyrələrin membran potensialı  $\varphi_m$  və onun hiperpolyarlaşmasının kəmiyyəti  $\Delta\varphi$  arasında  $r = 0,70$  korrelyasiya əmsali ilə  $\Delta\varphi = 74,16 - 0,607\varphi_m$  asılılığı

(n=20) müəyyənləşdirilmişdir. Plazmatik membranın (hüceyrənin) bu hiperpolarlaşması membran müqavimətinin 3 dəfə, membran tutumunun 30% artması ilə müşayiət olunmuşdur.

### **9. Plazmatik membranın daxilə düzləndirilən $K^+$ -kanalları fəal halda olan *Nitellopsis* hüceyrələrinin mühitdə $Ca^{2+}$ ionlarının konsentrasiyasının artmasına qarşı elektrofizioloji reaksiyaları**

Bu hüceyrələrin mühitin standart şəraitində əsas xarakterik xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, onlar həm yüksək elektrojen fəallığına (membran potensialının səviyyəsi -270 mV-a qədər çata bilər), həm də böyük müqavimətə (3-6  $\text{Om}\cdot\text{m}^2$ ) malik ola bilərlər. Bunun əsas səbəbi məhz onunla əlaqədardır ki, bu hüceyrələrdə fəal olan daxilə düzləndirən  $K^+$ -kanallarının müqaviməti membran müqavimətinin aşağı səviyyələrində fəaliyyət göstərən xaricə düzləndirən  $K^+$ -kanallarının müqavimətindən bir tərtib yüksəkdir. Kationun mühitdəki konsentrasiyasının standart səviyyəsində bərqərar olması hüceyrələrin elektrofizioloji parametrlərinin başlanğıc stasionar səviyyələrinə qayıtması ilə nəticələnmişdir.

$Ca^{2+}$ - kationlarının mühitdə konsentrasiyasının pilləvari artması plazmatik membranın elektrik tutumunun artması ilə müşayiət olunmuşdur. Bu təcrübələrin gedişində başlanğıc membran potensialı xaricə düzləndirən  $K^+$ -kanallarının fəallaşma diapazonunda olan hüceyrələrin plazmatik membranının müqavimətinin 3 dəfəlik artımı fazaca onun potensialının artımı ilə üst-üstə düşmüşdür. Bu fakt isə plazmatik membranın hiperpolarlaşmasının onun  $K^+$ -kanallarının kation tərəfindən qapandığının ifadəsidir. Kationun təsiri ilə hüceyrələrin membran müqavimətinin artması həmçinin potensialı daxilə düzləndirən  $K^+$ -kanallarının fəallaşma diapazonunda olan hüceyrələrə xas olmuşdur. Buradan belə nəticəyə gəlmək olar ki,  $Ca^{2+}$  kationları *Nitellopsis obtusa* hüceyrələrinin plazmatik membranının həm daxilə, həm də xaricə düzləndirən  $K^+$ -kanallarının blokatorudur.

Membran potensialı daxilə düzləndirən  $K^+$ -kanallarının fəallaşma diapazonunda olan hüceyrələrin elektrofizioloji

parametrləri  $\text{Ca}^{2+}$ -un nisbətən aşağı konsentrasiyalarına zəif həssaslıq nümayiş etdirməsi onunla əlaqədardır ki, membran potensialının bu diapazonunda nə  $\text{Ca}^{2+}$ -kanalları həm də  $\text{H}^+/\text{Ca}^{2+}$  transporterlər fəallıq göstərə bilmişdir.

## NƏTİCƏLƏR.

1. Tədqiqat-obyekti *Nitellopsis obtusa* hüceyrələrinin stasionar elektrofizioloji xarakteristikaları müəyyən olunmuşdur: hüceyrə qılafının potensialı  $\varphi_o=20\pm 0,3\text{mV}$ ,  $R_o=0,34\pm 0,01\text{Om}\cdot\text{m}^2$ , plazmatik membranın potensialı  $\varphi_m=-171\pm 2,4\text{mV}$ , müqaviməti  $R_m=3,8\pm 0,15\text{Om}\cdot\text{m}^2$  bu kəmiyyətlərin səpilmə diaqramının təhlilindən onların arasında  $R_m=0,032\varphi_m-0,03$  korrelyasiya asılılığı müəyyən edilmişdir; membran tutumu  $C_m=0,9\pm 0,06\text{mkF}\cdot\text{sm}^{-2}$ ,  $\text{K}^+$ -ionlarının sitozoldakı aktivliyi  $a_k=104\pm 6\text{mM}$   
Plazmatik membranın potensialının mühitdəki  $\text{K}^+$ -kanallarının loqarifmindən asılılığının təhlilinə əsasən xaricə (XDKK) və daxilə (DDKK) yönləndirilən  $\text{K}^+$ -kanallarının fəallaşma diapazonları müəyyənləşdirilmişdir:  $-170\div -120\text{mV}$ ;  $-170\div -270\text{mV}$ ,  $\text{K}^+$ -tarazlıq potensialı üçün  $\varphi_k=-172\pm 8\text{mV}$  alınmışdır. [3].
2. Disikloheksilkarbodiimidin tətbiqi volt-ampere xarakteristikasının təhlili ilə plazmatik membranın elektrogen fəallığının kanal və  $\text{H}^+$ -pompaya differensiasiyası həyata keçirilib:  $\text{Na}^+-\text{K}^+$ -potensial  $\varphi_{\text{Na-K}}=-120\text{mV}$ ,  $\text{H}^+$ -pompanın EQ-sı  $-360\text{mV}$ ; qısa qapanma cərəyanı üçün  $0,09\text{A}/\text{m}^2$ ;  $\text{H}^+$ -pompanın daxili müqaviməti üçün  $R=4\text{Om}\cdot\text{m}^2$ ; plazmatik membranın struktur-polyarizasiya göstəricisi membran tutumunun 27% azalması müşahidə edilmişdir; alınmış kəmiyyətlərin təhlilinə əsasən  $\text{H}^+$ -pompanın ingibirləşməsinin alternativ mexanizmi təklif edilmişdir [9].
3. Plazmatik membranın struktur-polyarizasiya göstəricisi olan elektrik tutumunun lipid zülal fazalarına differensiasiyası üçün zülal fazasının tsiklik və xətti molekulyar quruluşa malik polipeptid antibiotiklərlə (valinimisin, qramisidin) modulyasiyası zamanı membran tutumu  $C_m$  digər

- elektrofizioloji parametrlərin dəyişməsi fonunda sabit qalmış və bu fakt bioloji membranların elektrik tutumunun onların lipid fazasının göstəricisi olduğunu təsdiqləyir [2].
4. Polyar həlledici dimetilsulfoksidin təsiri ilə plazmatik membranın elektrik tutumunun 2 fazalı artması (40% ), membran müqavimətinin əvvəl azalması (25%), sonra isə dəfələrlə artması fonunda hüceyrələrin membran potensialının dəyişməsi onların struktur labilliyi fonunda funksional fəallığının göstəricisidir və bu fakt həlledicinin membran proseslərinin tənzimləyicisi xüsusiyyətini təsdiqləyir [9].
  5.  $K^+$ -kanallarının blokatoru  $Co^{2+}$ -in təsiri ilə plazmatik membranın müqavimətinin dəfələrlə artımı ilə müşayiət olunan yüksək elektrogen fəallığı onun  $K^+$ -kanalların bloklanması hesabına  $H^+$ -pompaların şuntlayıcı yükünün azalmasını əks etdirdiyi halda, membran müqavimətinin sabitliyi şəraitində plazmatik membranın hiperpolyarlaşması və membran tutumunun  $C_m=0,93-0,0051g$  [Co] qanunu ilə azalması membran lipidlərinin fiziki halının dəyişməsi hesabına  $H^+$ -pompaların funksional fəallığının gücləndiyini göstərir [4].
  6.  $Ca^{2+}$ -ionlarının mühitdəki konsentrasiyasının artırılmasının *Nitellopsis obtusa* hüceyrələrinin plazmatik membranlarının  $K^+$ -kanallarının bloklanması  $Ca^{2+}$ -kanallarının fəallaşması  $H^+$ -pompaların funksional fəallığının dəyişməsini əks etdirən mürəkkəb elektrofizioloji reaksiyaları fonunda baş vermişdir [12].
  7. Plazmatik membranın  $H^+$ -pompalarının ingibirləşməsi (DSKD-lə), lipid fazasının qismən yuyulması (DMSO-lə), 2 tip  $K^+$ -kanallarının bloklanması ( $Co^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  ilə) zamanı onun liid fazasının göstəricisi olan elektrik tutumunun digər parametrlərinin ( $\varphi_m$ ,  $R_m$ ) dəyişməsini zamanca qabaqlaması proseslərinin elektrofizioloji təhlili deyir ki, hüceyrələrin elektrogen fəallığı onun struktur labilliyinin fonunda baş verir. [5]

## DİSSERTASIYA MÖVZUSU ÜZRƏ ÇAP OLUNAN ELMİ ƏSƏRLƏR

1. Махмудова, Ш.С., Мусаев, Н.А. Нечувствительность электроёмкости плазмалеммы клеток *Nitellopsis obtusa* при модификации белковой фазы // *Advances in Biology and Earth Sciences*, – 2017. Vol. 2. № 2, – p. 228-234.
2. Махмудова, Ш.С., Мусаев, Н.А. Влияние валиномицина и грамицидина на транспортные свойства плазматической мембраны *Nitellopsi sobtusa* // – Баку: Вестник Бакинского Государственного Университета, Серия Естественных наук, – 2017. № 1, – с. 41-47.
3. Махмудова, Ш.С., Мусаев, Н.А. Потенциал, сопротивление и ёмкость плазмалеммы клеток *Nitellopsis obtuse* в присутствии катионов кобальта // *Advances in Biology & Earth Sciences*, – 2017/ Vol. 2. № 3, – с. 326-332.
4. Махмудова, Ш.С., Мусаев, Н.А., Электрогенная активность, структурная лабильность плазмаеммы клеток *Nitellopsis obtusa* в присутствии катионов кобальта // *Известия Педагогического Университета*, – 2017. С.65. № 4, с. 86-93.
5. Наджафалиева, Ш.А., Алиева, П.Ф., Махмудова, Ш.С., Мусаев, Н.А. Электроёмкость показатель липидной фазы биомембран // *Материалы международной конференции*, – Гəncə, – 1-ci hissə. – 2017. – s. 146-147.
6. Махмудова, Ш.С. Электрическая ёмкость плазмалеммы клеток *Nitellopsis obtusa* // *Bakı Dövlət Universiteti VII Beynəlxalq elmi konfransın materialları*, – Bakı, – 27-28 may, – 2017, – s. 45.
7. Mahmudova, Sh.S., Ojagverdiyeva ,S.Y., Aliyeva, P.F. Thechanges of structure-functionalstate of plasmamem branein *Nitellopsis obtusa* under their fluence of Dimethylsulfoxide // “Innovations in Biology and Agriculture to Solve Global Challenges”. Conference of Young Scientistsans Student, – Baku, Azerbaijan, – October 31, – 2018, – p. 66.
8. 162. Musayev, N.A., Ojagverdiyeva, S.Y., Mahmudova, Sh.S. The Changes of Strukture-Funktional State of Plasma Membrane



- in *Nitellopsis obtuse* under the influence of Dimethylsulfoxide // *Advances in Biology & Earths Science*, – 2018. Vol. 3. № 3, – p. 241-247.
9. Мусаев, Н.А, Оджавердиева, С.Я., Махмудова, Ш.С., Алиева, И.Б. Функциональная активность и структурная лабильность плазматической мембраны *Nitellopsis Obtusa* при действии диметилсульфоксида // – Баку: Вестник Бакинского Университета, – 2018. № 2, с. 45-54.
  10. Mahmudova.Ş.S.Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyinin təşkilatçılığı ilə doktorantların və gənc tədqiqatçıların XXII Respublika elmi konfransı, Bakı, – 22-23 noyabr, – 2018 və Bakı Dövlət Universiteti// Azərbaycan xalqının böyük oğlu, ulu öndər Heydər Əliyevin anadan olmasının 95-ci ildönümünə həsr olunmuş Gənc Alimlərin və Tədqiqatçıların “Müasir Bilogiyanın İnnovativ Yanaşmaları” mövzusunda VIII Beynəlxalq Elmi Konfransının Materialları, – Bakı, – 27-28 aprel, – 2018, – s. 50.
  11. Mahmudova, Ş.S. Mühitin standart şəraitində *Nitellopsis obtusa* hüceyrələrinin plazmatik membranının əsas elektrofizioloji parametrləri // – Bakı: Azərbaycan Dövlət Pedaqogi Universitetinin xəbərləri, – 2019. № 1, – s. 176-186.
  12. Махмудова, Ш.С., Мусаев, Н.А. Структурная лабильность плазматической мембраны клеток *Nitellopsis Obtusa* при повышении экзогенной концентрации кальция // VI Съезд биофизиков России, Сборник научных трудов, Кубанского Государственного Университета, – Сочи, – 16-21 сентября, – 2019. Том.1, – с.168-169.
  13. Махмудова, Ш.С., Мусаев, Н.А. Электрогенная активность, структурная лабильность плазмаэлементы клеток *Nitellopsis obtusa* в присутствии катионов кобальта // Сборник научных трудов по материалам XIII Международного симпозиума, – Москва: Российский Университет дружбы народов, – 2019, – с. 32-34.
  14. Mahmudova.Ş.S. *Nitellopsis obtusa* hüceyrələrinin plazmatik membranının funksional fəallığı və struktur labilliyi. Pedaqoji Universitetin Xəbərləri. 2020, C.68, №3 s.144-154.

15. Махмудова, Ш.С., Мусаев, Н.А. Функциональная активность и структурная лабильность плазматической мембраны клеток *Nitellopsis obtusa* // Актуальные вопросы биологической физики и химии, Севастопольский государственный университет, – 2020. Т. 5. № 1, – с. 35-42.
16. Махмудова, Ш.С., Оджагвердиева, С.Я., Наджафалиева, Ш.Ф., Мусаев, Н.А. Лабильность и нечувствительность плазматической мембраны *Nitellopsis obtusa* при модификации её транспортных свойств // *Advances in Biology & Earth Sciences*, –2021. Vol. 6. № 2, – p.146-157.

Dissertasiyanın müdafiəsi 14 oktyabr 2022-ci il tarixində saat 11<sup>00</sup>-da Elm və Təhsil Nazirliyinin Molekulyar Biologiya və Biotexnologiyalar İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.25 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ1073, Bakı şəh., İzzət Nəbiyev küçəsi, 11.

Dissertasiya ilə Elm və Təhsil Nazirliyinin Molekulyar Biologiya və Biotexnologiyalar İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Elm və Təhsil Nazirliyinin Molekulyar Biologiya və Biotexnologiyalar İnstitutunun rəsmi internet saytında (<https://www.imbb.az/>) yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 13 sentyabr 2022-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 09.09.2022

Kağızın formatı: A5

Həcm: 35143

Tiraj: 100