

Електричеството в живата природа¹

В. И. Арабаджиян

Електричните процеси в растенията се проявяват най-пълно при нормален воден режим, тъй като целият живот на растенията е свързан с влагата. Тези процеси представляват обмен на електрични заряди между течността и капилярите в растението при протичането по тях на хранителните разтвори, а така също обмен на йони между клетките на растението и околната среда (най-важните за жизнената дейност на растенията електрични полета се възбуждат именно в техните клетки). Обикновено (в състояние на равновесие) мембраните на растителните клетки са непроницаеми за калциевите йони и са проницаеми за йоните на калия. Излизайки от клетката, последните й придават определен отрицателен потенциал. При възбуждане на клетките се променя проницаемостта на мембраните им за калциевите йони: влизайки в клетката те намаляват отрицателния й потенциал. Като резултат от нарушаването на равновесието в разпределението на електричните заряди възниква пик на мембранный потенциал, който се разпространява по повърхността на клетката (скоростта на разпространение на импулсите е едва няколко сантиметра в секунда). Следващото преместване на йоните връща мембранный потенциал към равновесното му значение.

Електричните процеси протичат особено активно в клетките на корените на растенията, тъй като хранителните сокове постъпват към растящите филизи именно чрез тези клетки. Установено е, че крайните разклонения на корените и филизите винаги са заредени отрицателно спрямо стеблото на растението. При някои растения около корените в течение на няколко часа протичат колебания на електричния потенциал с период около 5 минути и амплитуда няколко mV, при което най-значителните колебания се отчитат при самия край на корена. За интензивността на електричните процеси в клетките на корените се съди по тока, протичащ през корена. Изследванията показват, че през повърхността на корена протича ток с плътност $0,01 \mu\text{A}/\text{mm}^2$.

Повредено място в тъканите на растението винаги се зарежда отрицателно спрямо здравите, а отмиращите тъкани придобиват отрицателен заряд спрямо тези, които растат нормално. Потенциална разлика възниква и при едностранно осветяване на листо: тя се образува между неговите осветени и неосветени участъци и е израз на реакцията на растението на измененията в неговия организъм, свързани с началото или с прекратяването на фотосинтезата. (В организма на растенията не могат да възникнат значителни потенциални разлики, тъй като те нямат специализиран “електричен” орган. Затова сред растенията не съществува “дърво на смъртта”, което със своята електрична мощност би могло да убива живи същества.)

Пренасяният от вятъра цветен пращец има отрицателен заряд, приближаващ се по големина на заряда на прашинките. Около растенията, от които се откъсва този пращец, се изменя рязко съотношението между положителните и отрицателните леки аерозоли, което се отразява благоприятно на по-нататъшното развитие на тези растения. Семената на културните растения имат сравнително висока електропроводност и затова бързо губят електричния заряд, който им е придаден, докато семената на плевелите по своите свойства са по-близки до диелектриците и могат да запазят заряда си по-дълго време. Този факт се използва за разделяне семената на културните растения от семената на плевелите на конвейера, където се създава електрично поле.

Прорастването на семената и развитието на растенията в електрично поле води до промени във височината и дебелината на стеблото и на гъстотата на короната. Това

¹ Превод от *Физика в школе*, 1997.

става преди всичко поради преразпределянето на собствените електрични заряди в организма на растението под влияние на външното поле. (Ако в резултат от изследванията се отдаде да се открие най-благоприятно за развитието на растението и устойчиво проявяващо е съчетание на характеристиките на действащото отвън електрично поле и другите условия за жизнената дейност, то растениевъдството ще получи ново средство за увеличаване добивите от селскостопанските култури.)

Електрични риби. Днес са известни 11 семейства (повече от 300 вида) електрични риби. В древността те са били почитани: в Египет техните изображения украсявали храмове, в Гърция – вази, в древния Рим ги почитали като лечители: разрядите на електричния скат използвали за лечение на нервни болести и главоболие. По-късно, в периода до изобретяването на динамомашината, електричните риби служили като източник на ток в лабораториите.

Електричните риби обитават предимно тропиците: в Черно, Баренцово, Бяло и Японско море се срещат скатове, в които се възбужда слабо електрично състояние (от части на волта до няколко волта), в южните части на Черно море се въди електричен астроксупус (един от видовете му).

Особено силно електрично поле се образува около змиорката, живееща в река Ориноко, около средиземноморския скат и около нилския сом. Те притежават специален орган, произвеждащ електричество. Той се състои от множество пластинки, подредени в стълбче, включени паралелно (при змиорката всяко разположено хоризонтално стълбче съдържа 6–8 хиляди пластинки, при ската – 600, при което стълбчетата са вертикални). Двете повърхности на всяка пластинка имат своя структура и са разделени една от друга чрез подобна на желе съединителна тъкан.

“Зареждането” на електричния орган протича в резултат от взаимодействието между вътрешно клетъчното вещество и окръжаващата клетката среда. Вътрешно клетъчната течност съдържа йони на калия, натрия и в малко количество йони на магнезия, калция и хлора. Калиевите йони в клетката са примерно 30 пъти повече, отколкото в околната среда, а йоните на натрия – обратно, 15 пъти по-малко. Поради разликата в концентрациите йоните на калия дифундират през мембраната в окръжаващата среда. Когато дифузионният процес достигне равновесие, на противоположните стени на клетъчната мембрана се образува двоен електричен слой: откъм страната на вътрешно клетъчното вещество – с отрицателен, а откъм околната среда – с положителен заряд. При тези условия електричният орган е в покой.

Когато в тялото на рибата се възбудят механични трептения с честота примерно няколко стотици Hz, в съединителната тъкан на електричния орган (за хилядни части от секундата) се увеличава пропускливостта на клетъчните обвивки за йоните на натрия. Те дифундират вътре в клетката и нейният отрицателен заряд намалява, което нарушава равновесието на йоните във всеки елемент на електричния орган. В резултат от това се създава потенциална разлика от 0,01 до 0,2 V, а общото електродвижещо напрежение на органа достига няколко стотици волта. Прекратяването на възбуждането се съпровожда с излизане извън клетката на калиеви йони, в резултат на което отново се установява йонно равновесие.

В отговор на всяко дразнене рибите с мощен електричен орган при разряд в течение на 0,003–0,007 s произвеждат серия от от 4 до 10 електрични импулса. В повечето риби електричните процеси са развити слабо, те произвеждат импулси с период от части на милисекундата до 0,08 s (в зависимост от времето на денонощието и характера на външните дразнения), но постоянно. При напрежение 50–60 V разрядният ток при ската може да достигне 50 A. Като заставял змиорки и скатове да се разреждат през намотка с желязно ядро, още М. Фарадей по намагнитването на ядрото определял местоположението на полюсите на източника на тока. Оказало се, че при ската

разрядът протича от корема към гърба, а у змиорката – от главата към опашката. При нилския сом и при мнозинството други електрични риби токът има посока като при змиорката – от главата към опашката. Сладководните риби произвеждат по-слаб ток, отколкото морските, но затова пък тяхното електродвижещо напрежение е по-високо (това се обуславя от по-малката електропроводност на прясната вода в сравнение с морската). Така, даже във възбудено състояние, змиорката изпуска токови импулси от само 1 А, но затова пък при потенциална разлика до 850 V, а нилският сом – до 450 V.

На всеки грам маса от електричния орган се пада примерно милиджаул електроенергия. Електричният орган при змиорката и нилския сом представлява примерно 1/4 от масата на тялото им, при ската – до 1/6; дължината на змиорката е 2 – 2,5 m, на сома 1 m, на ската – 1–2 m. След разряд способността на органа да генерира електрично поле се възстановява примерно след 5 – 10 минути.

Рибите използват електричеството за защита от нападение, за добиване на храна, за сигнализация на себеподобни и за локация на окръжаващата местност с помощта на бързи и непроизволни електрични разряди или електрично поле, чиито изкривявания, предизвикани от намиращи се близо до рибата същества или предмети, определят нейната съответна реакция. Електричният заряд на змиорката убива жаби и неголеми риби или ги парализира, когато се намират на разстояние 1 m от нея. (Туземците, живеещи около Ориноко, наричат змиорката “вримна”, което означава “лишаваща от движение”). Разрядите на скатите и на сомовете оглушават малките животни и плашат големите.

Уловът на електрични риби се осъществява със специални мрежи. Когато ловят змиорки, във водата понякога вкарват крави или коне: нападайки ги, рибите изразходват запасите си от електроенергия, след което могат да се вадят от водата по обикновения начин.