

Движения при растенията

Нина Бакърджиева

Движението е свойство на живите системи, чрез което те осъществяват връзката си със заобикалящата ги среда и така осигуряват преживяването си. При повечето организми се наблюдава преместване на тялото в пространството, което обитават. Това е свързано с намиране на храна, вода, защита, търсене на по-благоприятни климатични условия, осигуряване на потомство и др.

Тези движения са видими и се възприемат като нормален белег на животинския свят. Известно е, че някои животни са способни да изминават много дълги разстояния – по сушата, по въздуха, във водата. И така те гостуват на различни кътчета по света – острови, реки и морета, крайбрежия, континенти. Това те могат да правят благодарение на специалните органи за движение като части от тялото им, с които ги е дарила еволюцията. Растенията обаче не могат да сменят мястото, където живеят. Те се разпространяват със семена и спори, носени от ветровете. Или са попаднали в екскрементите на животни, които са се хранили с тях. Не малка роля за появата на нови местообитания има и човекът: той не само е употребявал и търгувал с продуктите на растения

от далечни страни, но е пренасял и самите растения. Стремил се е да ги накара да виреят и на други места с подходящи условия. И е успял.... Например царевичата, чиято родина е Америка, сега е завла-

дяла почти всички континенти. Картофът също е пренесен от човека. Пренасяни са и някои палми, смокинята и др. Примерите не са малко.

Видовете растения могат да се разпространяват, но отделните „индивиди“ от тях изглеждат практически неподвижни. Те са осъдени да осъществяват онтогенетичния си цикъл на едно място – там, където семето е попаднало и покълнало. Поради това ги възприемаме като пасивни обитатели на планетата. А те не са точно такива! И като всяка жива единица, те не могат да съществуват без непрекъснато вза-

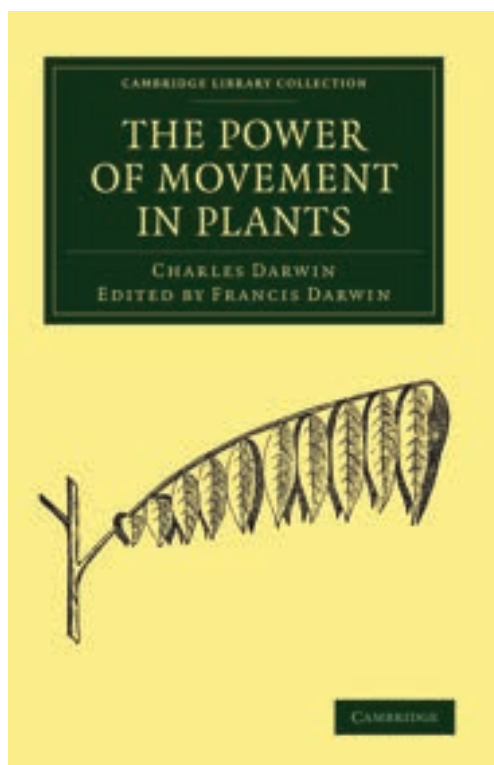


Чарлз Дарвин през 1881 г.. Портрет от Джон Колиър

имодействие със средата. Това е необходимо както за осъществяване на жизнените им функции, така и за защита от неблагоприятни фактори. Зеленото растение по принцип не търси готова храна в околната среда, защото само си синтезира необходимите органични съединения от неорганични съставки благодарение на процеса фотосинтезата. Обаче ефективността на този процес, както и всички метаболитни функции, зависят от промените в условията на средата. И растението притежава добре изградена регулаторна система, която му позволява да приема сигнали, да взема съответни решения и да успява адекватно да реагира на тези промени като оптимизира своето преживяване, растеж и репродукция. Един от основните механизми са разнообразните движения, които се извършват в него на организмово, клетъчно и органелно ниво.

Малко известно е, че през втория период на изследователската си дейност

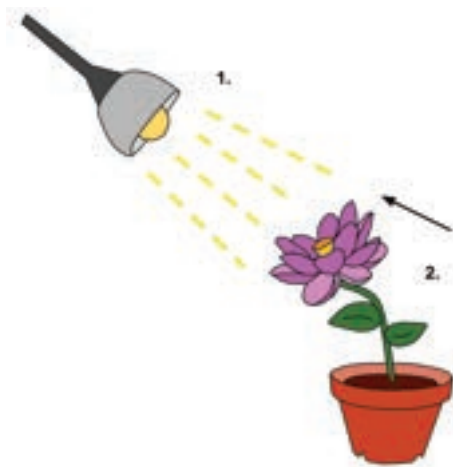
Чарлз Дарвин (Charles Darwin, 1809 – 1882) се занимава главно с растения, наблюдава поведението им. Обект на проучванията му са главно пълзящите и хищните растения, при които движенията са ясно изразени. Тогава, с прозрението на учения, той разбира голямото значение на движенията, които прави растението, както и че те са свързани със саморегулацията и самоконтрола в растителния организъм. При тези наблюдения и опити той е подпомоган от сина си, ботаника Франсис Дарвин (Francis Darwin, 1848 – 1925). Своите идеи и изводи Чарлз Дарвин излага в малко известната си книга *The Power of*



Съвременно издание на „Мощта на движенията при растенията“ от Чарлз Дарвин и Франсис Дарвин



Коренът е мозъка на растенията. Той определя посоката на движенията им, смятат привържениците на „root-brain hypothesis“



Пример за положителен фототропизъм – растението се насочва към светлината

Movements in Plants (Мощта на движенията при растенията), издадена през 1880 година от известния британски издател John Murray в 1500 екземпляра, отново в сътрудничество със сина си.

В нея той предлага оригиналната „корен – мозък хипотеза“ (root – brain hypothesis), според която кореновият връх е своеобразен център, който контролира процесите в растението и особено „навигацията“ на корена в поч-

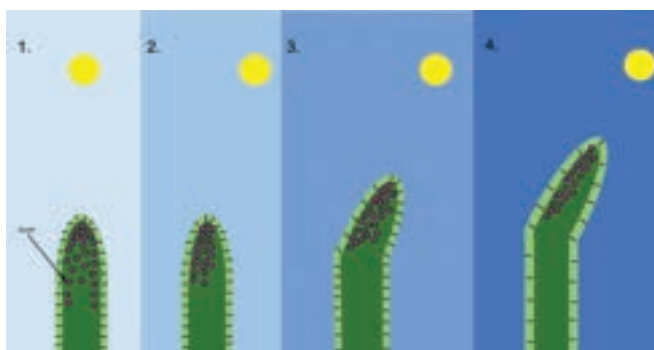
вата. Сега се счита, че това е първата представа за наличието в растенията на единица, координираща жизнените процеси. Тези идеи на Дарвин първоначално не се посрещат добре в научните среди. Днес обаче тяхната актуалност се оценява все повече. Новите постижения на растителната биология позволяват да се приеме, че растенията са комуникативни и са системи, които вземат решения и адекватно реагират на различни сигнали.

Типовете движения при растенията се означават като тропизми, настии и таксиси. За тропизмите е характерно, че реакцията показва определена посока към или срещу фактора, който я предизвиква. Настииите са движения, които не следват посока, но са напълно адекватни на предизвикалия ги сигнал. Когато стеблото елегантно се извива по посока на светлината и листата могат по-добре да я използват, говорим за положителен фототропизъм или хелиотропизъм. Ярък пример за това е обръщането на слънчогледа към Слънцето, откъдето идва и името на растението. Това е свързано с усилената синтеза на хормона ауксин във върхните клетки и преразпределението му в по-долу разположените тъкани. Следва едностранно нарастване на клетките, което причинява извиването. Ако светлинният източник е много силен, се наблюдава отрицателна тропична реакция – извивката е на обратна страна и тя предпазва растението от прекалената светлина. Това показва, че растението улавя не само въздействащия фактор, но и преценява неговия интензитет.

Друг важен фактор за позицията на двата основни органа на растението е гравитацията. В резултат на геотропичната реакция коренът расте само надолу. Има данни, че между тези

две реакции е налице някаква зависимост, която определя съотношението „корен – стъбло“. Добре известен е класическият експеримент, при който младо пшенично растение се поставя в хоризонтално положение, но след осветяване надземната част се ориентира нагоре, а коренчетата – надолу. Съществена роля за функцията на кореновата система има също така хигротропизмът, благодарение на който коренът се насочва към местата с повече вода, така необходима за растителния организъм. Не по-малко значение имат термотропизмът и хемотропизмът, благодарение на които се извличат от почвата необходимите за цялостния организъм неорганични съединения и химични елементи, както и магнитотропизмът и др.

При надземната част на растенията може да се наблюдават също тигморекции на допир. Това има значение за увивните растения, благодарение на които те се прикрепят до стени или близки подпори и така разполагат листната си маса по благоприятен начин. Това е типично за увивните растения, чиито мустачки търсят повърхност, към която да се прикрепят като се увиват или прилепват към нея. По



Едностранично нарастване на клетките причинява фототропизма



Домашен пример за фототропизъм



Геотропизъм на корен и стъбло



Бръшлянът може да се прикрепва и да пълзи по стени към своята цел – светлината

този начин се осигурява улавянето на повече слънчева светлина от листата. Мустачките са видоизменени листа или листни гръжки, а прикрепването става чрез извиването им благодарение на едностранен растеж, който се контролира от ауксина и етилена. Така е при хмела, лозата и гр. В някои случаи за прикрепване към субстрат се използват и коренови разклонения, които пролазват по кората на дърветата. А при бръшляна по стъблото се намират пъпчици, които са видоизменени корени, и с тях



Срамежливата мимоза (*Mimosa pudica*) свива свенливо листата си при докосване

растението се прикрепва към стените, оградите и други повърхности. Най-типично е проявлението като обща реакция при добре познатия пример със срамежливата мимоза (*Mimosa pudica*). При докосване дори на малка част от листа всички листа се свиват, растението клюмва и после отново се възстановява. Установено е, че растителният организъм е чувствителен и спрямо магнитното поле – магнитотропизъм, а също към шума в околната среда и гр. Промяната в тургорното налягане на клетките също е начин за движение. Така се регулира отварянето и затварянето на устицата, разположени по повърхността на листата и се контролират газообмена и водообмена (транспирацията), два много важни за растителния организъм физиологични процеса. Всичко това показва, че растителният организъм разполага със сензорни центрове, чрез които получава информация за вида и интензитета на факторите от околната среда. При много растения, например Нептунията, Водната лилия и гр. цветовете се отварят сутрин и се затварят вечер при залез, явно повлияни от интензитета на светлината, достигаща до тях.

Движенията при растенията са гостабавни и човешкото око трудно ги улавя. Наблюдаваме и виждаме само резултати при стеблото, листата и цветчетата. Но има и случаи на много бърза двигателна реакция, които също не забелязваме. Тази способност растенията са развили и тя прави в много случаи по-ефективни три много важни жизнени функции – храненето, защитната реакция и репродукцията. Тези бързи движения, за разлика от тропизмите, се извършват в много кратък период, под една секунда. И остават напълно незабележими за обикновенния наблюдател. Особено често и ти-

пично е проявлението им при хищните растения, то е свързано с техния начин на живот, при който се ловят и използват за храна насекоми и дребни животни. Техните „капанчета“ за улавяне на жертвата се затварят със скорост, измервана в милисекунди. Наблюдавано е при *Aldrovanda*, *Drosera*, *Dionaea*, *Venus* и др. Иначе едва ли ловът щеше да е успешен. Но и при други растения може да се наблюдават движения с голяма скорост. Това са главно две групи растения:

1. Които показват бързи движения и свиване на листенцата

2. Които по този начин разпространяват семената, спорите и полена.

Към първата група принадлежат вече споменатата мимоза, някои видове *Biophytum*, – тропическо растение, което при допир реагира подобно на мимозата и др. При тях реакцията се разглежда като защитна. Много интересни са растенията, при които за разпространяването и репродукцията се използват много кратковременни и много бързи движения на техни части, например спорови или семенни кутийки. За по-малко от секунда те са способни да се отворят, при което става светкавично разпръскване на спори, семена или прашец. По този начин торфените мъхове и някои папрати изпращат спорите на около 2 метра от растението. Много бързи двигателни реакции са наблюдавани и при някои видове дрян (*Cornus canadensis*), също при *Morus alba*, като в случая е отбелязана рекордната скорост на движението на цветчетата от 25 микросекунди, при което поленьот се катапултира с голяма сила, също при някои орхидеи и др.

Растенията са развили бързи двигателни реакции, понякога доближаващи или дори равни по скорост на тези, наблюдавани при животински организми. Те обаче



Dionaea muscipula е ловец на насекоми – капанът щраква бързо

са формирали и свой съвсем различен механизъм за реализацията им. В основата му е не толкова неравномерния растеж на клетките както при тропизмите, а движението на водата в растителните тъкани. Настъпват резки промени в тургорното налягане, в осмотичния потенциал, става бърза дехидратация, променят се редица физични параметри. Ето защо вниманието на изследователите е насочено главно към водата като движещ фактор при този тип реакции. Налице е сложна машинария за реализацията и регулацията на бързите двигателни реакции. Физическите процеси, които участват в нея, се изучават от френския учен Фортер (Yoel Forterre, CNRS). През 2019 година освен поредица статии той публикува със свои сътрудници и студия, озаглавена „Физика на бързите движения при растенията“ (*Physics of Rapid Movements in Plants*). В нея той разглежда механизмите, генериращи изненадващо бързите движения. Този уникален начин за движения посредством състоянията на водата, притежавана от растенията би могъл да предложи интересни идеи за приложните науки и за някои технически решения.

Освен различните части на растенията – стебла, листа, корени и цветове



Хлоропластите са една динамична система вътре в клетката

– движения се наблюдават и при клетъчните органели. Хлоропластите в листните клетки са една много динамична система, активно реагираща на сигнали от околната среда. Съответно на това те играят важна роля за преживяването на растенията и тяхната адаптация. Те променят активно разположението си в клетките в зависимост главно от светлината, но се влияят също от температурата и др. През последните две десетилетия са направени активни проучвания върху движението на хлоропластите и разкриване на механизмите на тяхната релокация в клетките. Трябва да споменем изследванията на японския учен Мацумицу Вада (Masamitsu Wada) и неговия обзор от 2013 година, публикуван в *Plant Science*. В зависимост от интензитета на светлината те променят положението си като при слаба светлина застават в положение по-близо до източника и така осигуряват оптимална ефективност на фотосинтетичния процес. При много силна светлина обаче те се придвижват в обратната посока като се отстранява увреждащият ефект на силната радиация. И в двата случая участват специфични сигнални медиатори – в първия случай фототропин 2, локализиран в хлоропластната об-

вивка, а във втория – phot 1 и phot 2, локализирани в плазмената мембрана. Мобилността на хлоропластите е свързана с участието на актиновия цитоскелетон.

Митохондриите в растителните клетки са органели с много важна функция за различни процеси като окислителния електронен транспорт, фосфорилирането и фотодишането. Те са динамични структури и из-

вършват различни движения с различна скорост в зависимост от вида на клетките и тъканите като правят директни или въртеливи движения. В първия случай ориентацията и позиционирането на митохондриите става посредством филаментозния актин (F-actin). Клетъчните ядра, които най-често си представяме като една спокойна сфера в центъра на растителната клетка, също се придвижват активно в системата на цитоскелетона. Движенията им се свързват с програмата за развитие и с реакцията на външни стимули. В този смисъл се очертава ролята на ядрото като подвижен команден център, необходим при интеграцията на информационния поток и насочващ поведението на растенията. Все още молекулните механизми и функционалното значение на наблюдаваните движения на ядрото предстои да се проучват. Цялата тази динамика в поведението на растителните органели е свързана с реализацията на генетичната програма и с регулирането на метаболитните процеси и тяхната ефективност.

За движенията на клетъчните органели важна роля играе актиновият цитоскелетон. Той представлява мрежа от актин (белтък), актинсвързващи

белтъци и други компоненти на клетката. От него зависи формата, структурата и организацията на цитоплазмата. Той е в основата на регулацията на движенията на органелите и е проводник на информационни сигнали. Освен това играе роля и в други важни клетъчни процеси. Но техните молекулни механизми все още се изясняват.



Франтишек Балушка търси и открива аналог на „нервна система“ при растенията

Цялата картина на двигателните възможности на растенията на различни нива допълва и подкрепя съвременната представа за растителните организми като чувствителни и комуникативни системи с висока степен на активност към околната среда и помежду си. Приема се, че те притежават много добра система на възприемане, предаване и обработка на получената информация и са способни да изработват отговорна реакция, въпреки че не притежават нервна система. Намерили са свои пътища за отговор на получените сигнали. Именно това поведение на растенията събуди интереса и „действията на растенията“ станаха обект за изследователите.

Поведението обхваща това, което растението „прави“ активно и целенасочено, поддържайки равновесието и ефективността на жизнените функции при различни ситуации. Проследява се както приемането на сигнали и пътищата за тяхното пренасяне чрез поток от взаимодействия си молекули, така и формирането на отговорния отговор. При това съществен елемент на изследването са движенията, разглежда се и възможността за наличие на някакъв аналог на нервната система и на евен-

туален команден център, функциониращ подобно на мозъка при животните. Отново вниманието се насочва към кореновия връх. В тази насока интересни са изследванията на Франтишек Балушка (Frantisek Baluska) от Университета в Бон, Германия. Той насочва вниманието към „растителната невробиология“, която включва сигналинг и поведение. По тези въпроси се работи много в последните десетилетия и те са елемент на съвременното разбиране на растителния свят.

Като спираме вниманието си към движенията при растителните организми – бавни, бързи или даже много бързи, видими или невидими за нашето око – разбираме колко активна и динамична система са растенията като част на биосферата на планетата. Те имат своя регулаторна система и много ефективна комуникация с околната среда, която осигурява тяхното преживяване не по-малко сполучливо в сравнение с тази на животните. Да не забравяме че Чарлз Дарвин озаглави своя труд „Мощта на движенията при растенията“. Поради това не бива да се изненадваме, че изследователите говорят вече за тяхната „интелигентност“ и за техния „социален живот“.