

Клітина як осмотична ситема

Питання

1. Дифузія.
2. Осмос.
3. Осмотичний тиск.
4. Тургорний тиск.
5. Плазмоліз.

Всі клітини відокремлені від довкілля плазматичною мембраною. Для здійснення всіх процесів життєдіяльності в клітину із довкілля повинна поступати вода і поживні речовини. Вода бере участь в усіх реакціях обміну речовин і є найважливішою складовою частиною рослинної клітини. Окремі клітини обмінюються речовинами з довкіллям *пасивно*, завдяки фізичним процесам *дифузії* (сюди відноситься і *осмос*), *активним* процесам із витратами енергії, а також *ендоцитозу* та *ектоцитозу*. В середині клітини речовини переміщуються за рахунок дифузії, однак відбувається і активне перенесення, враховуючи і потік цитоплазми.

При температурі вище абсолютного нуля всі молекули знаходяться в постійному невпорядкованому і спонтанному русі, що обумовлено їх власною кінетичною енергією. **Дифузія** — **спонтанний процес, що зумовлює переміщення будь-якої речовини з однієї області в сусідню, де концентрація даної речовини менша.** Хоча будь-яка молекула здатна рухатися в будь-якому напрямку, **реальний потік молекул завжди здійснюється від джерела, де їх концентрація висока, в ті області, де їх концентрація нижче.** Тобто, дифузія завжди спрямована від системи, яка володіє більшою вільною енергією, до системи з меншою вільною енергією. Вільною енергією називають частину внутрішньої енергії системи, яка може бути використана на виконання роботи. Вільна енергія 1 моля речовини має назву *хімічний потенціал*. Хімічний потенціал — *функція концентрації і є виміром енергії, яку дана речовина використовує на рух чи хімічні реакції.* Чим вище концентрація даної речовини, тим вище її активність, а отже, і її хімічний потенціал. Завдяки постійному руху при змішуванні двох рідин або газів їх молекули рівномірно розподіляться по всьому доступному об'ємі. Цей процес поширення молекул називають *дифузією*. **Дифузію, можна визначити, як рух молекул або іонів із області з високою концентрацією в область з більш низькою концентрацією, іншими словами як рух за градієнтом концентрації.** Дифузійне переміщення речовини завжди відбувається в напрямку від більшого до меншого хімічного потенціалу. Реальна дифузія різних типів молекул або іонів може відбуватися одночасно в різних напрямках, причому кожен тип молекул рухається по своєму градієнту концентрацій. При рівних градієнтах концентрацій менші молекули і іони дифундують швидше від крупніших. Швидкість дифузії залежить від

температури, природи речовин і різниці концентрацій. **Дифузію води в напрямку від свого більшого до меншого хімічного потенціалу називають осмосом. Осмос — це перехід молекул розчинника із області з більш високою його концентрацією в область з більш низькою концентрацією через напівпроникну мембрану.**

Мембрани живих клітин пропускають лише певні молекули або іони розчинених речовин, проявляючи вибірковість, яка залежить від природи мембрани. Такі мембрани називають не напівпроникними, а *вибірково проникними*. В усіх біологічних системах розчинником є вода, тому *осмос для них — це дифузія води через вибірково проникну мембрану*. Припустимо, що водний розчин А з високою концентрацією розчиненої речовини відокремлений такою мембраною від водного розчину Б з низькою концентрацією цієї ж речовини. Розчин А у відношенні до розчину Б є *гіпертонічним*, а розчин Б у відношенні до А — *гіпотонічним*. В таких умовах молекули води шляхом осмосу будуть переходити через мембрану із гіпотонічного розчину в гіпертонічний до тих пір, доки не наступить рівновага. Розчини стануть рівними за концентрацією, тобто *ізотонічними*. Відмітимо, що *ізо* - означає "такий же", *гіпер* — більше, в даному випадку більше молекул розчиненої речовини. Очевидно, що для досягнення рівноваги потрібно прикласти до розчину, розділеного мембраною, певний тиск, який еквівалентний осмотичному тиску розчину.

Осмотичний тиск – це тиск, який створюється в розчині, розділеному напівпроникною перегородкою, після того як буде досягнута рівновага з чистою водою. Чим концентрованіший розчин, тим вище осмотичний тиск. Нагадаємо, що деякі речовини, зокрема, неорганічні солі, перебуваючи у воді здатні до *електролітичної дисоціації*, внаслідок чого концентрація частинок зростає. Відповідно зростає осмотичний тиск такого розчину. **В наш час частіше використовують термін осмотичний потенціал. Осмотичний потенціал дорівнює різниці між хімічним потенціалом розчину та хімічним потенціалом чистої води і завжди від'ємний.** Він показує, наскільки розчинена речовина знижує активність води. **Осмотичний потенціал розчину проявляється лише за умови наявності системи розчин — напівпроникна мембрана — розчинник.** Приєднавши манометр, можна виміряти тиск, який слід прикласти до системи, щоб запобігти надходження води в розчин. *Він буде за абсолютною величиною рівний, але протилежний за знаком осмотичному потенціалу розчину.*

З проникненням води у вакуоль її об'єм збільшується, вода розчиняє клітинний сік, в результаті клітинна стінка починає відчувати тиск вакуолі.

Сама цитоплазма притискується до клітинної стінки і виникає *тургорний тиск*. Разом з тим виникає і однакова за величиною протидія клітинної стінки на цитоплазму. Це і є *потенціал тиску*. Коли величина даного потенціалу досягне відповідного значення, дальший приплив води у вакуолю припиняється. Встановлюється динамічна рівновага, при якій сумарний потік дорівнює нулю, хоча молекули води продовжують швидко переміщуватись крізь мембрану в обох напрямках. Завдяки осмотичному притоку води у вакуоль виникає *гідростатичний або тургорний тиск*. Тургорний тиск дорівнює тиску клітинної стінки.

Знання осмотичного потенціалу необхідне при проведенні різноманітних екологічних досліджень. За ним роблять висновок про здатність рослин поглинати воду із ґрунту та утримувати її незалежно від впливу умов довкілля. Осмотичний потенціал коливається в межах від 0,5 до 20 МПа. У водних рослин він найменший і досягає 0,1 МПа, а в багатьох галофітів до 20 МПа. У мезофітів осмотичний потенціал коливається від 0,5 до 3 МПа. Слід пам'ятати, що під впливом різноманітних факторів його величина може змінюватись навіть в сусідніх клітинах однієї тканини. В тканинах стебла від'ємний осмотичний потенціал зростає в напрямку від периферії до центру та від основи до верхівки, тоді як в корені, навпаки, поступово знижується від основи до верхівки. В ксилемі та флоемі його величина досить низька (0,1-0,15 МПа), а в листках — 1-1,8 МПа. Різні екологічні групи рослин відрізняються за величиною осмотичного потенціалу, тому цей параметр можна розглядати як одну з характеристик певного виду рослин в екологічних дослідженнях. У рослин пустель він більш від'ємний, ніж у степових, тоді як у останніх він більш від'ємний, ніж у лучних або водяних рослин.

Нам потрібно ще розглянути третю осмотичну властивість клітини, бо вона дуже пов'язана з надходженням води до клітини. Цей процес має дуже складний характер, залежить від багатьох умов навколишнього середовища і пов'язаний з багатьма явищами. Перші обґрунтовані дослідження в цьому напрямі належать вітчизняному вченому, професору Київського університету С. М. Богданову. Ще в 1889 р. він опублікував свою працю «Отношение прорастающих семян к почвенной влаге», в якій показав закономірності, пов'язані з надходженням води з ґрунту у висіяне насіння.

Перш ніж перейти до розгляду цих закономірностей, треба спинитись на тих явищах, які виникають у насінні, коли його висіяти в ґрунт. Сухе насіння насамперед починає бубнявіти і значно збільшувати свій об'єм. Це явище пояснюється тим, що клітини насіння, як і всієї рослини, мають колоїдний характер, причому найважливіші частини клітини — цитоплазма, білки, а також запасні речовини — є сухі колоїди, міцели яких вбирають дуже багато води. Внаслідок цього водяні оболонки, що оточують міцели, потовщуються,

що в свою чергу спричинює розтягання міцелярної сітки. Вивчаючи цей процес з насінням, Богданов довів, що різні запасні речовини неоднаково вбирають воду, а тому й по-різному бубнявіють. За його даними, найбільше бубнявіють білкові речовини, менше крохмаль, а ще менше клітинна оболонка. Цим пояснюється те, що об'єм насіння різних рослин при внесенні його в ґрунт збільшується неоднаково. Найбільше бубнявіє насіння бобових рослин — квасолі, гороху, сочевиці, нуту, які містять багато запасних білкових речовин. Об'єм їх при цьому збільшується майже вдвічі. Менше бубнявіє насіння злаків.

Сухе насіння вбирає воду з величезною силою. Ця властивість сухого насіння має важливе пристосувальне значення й забезпечує проростання його навіть у такому ґрунті, який має недостатню кількість вологи.

Отже, при висіванні сухого насіння в ґрунт надходження в нього води зумовлюється властивостями колоїдів клітинних оболонок і цитоплазми, що перебувають у сухому стані і сильно вбирають воду з ґрунту. Основу цих процесів становлять ті зміни, які спостерігаються в клітинах, а саме: внутрішньоклітинні структурні зміни, при яких відбувається ріст клітини, розтягання її, внутрішня диференціація, зменшення кількості цитоплазми, утворення вакуоль та ін. Внаслідок цього даліше вбирання води проростаючим насінням зумовлюється не лише набряканням колоїдів клітини. Тут важливо значення належить клітинному соку, його осмотичному тиску, завдяки чому вода надходить у клітини.

У міру насичення клітини водою змінюється співвідношення між осмотичним і тургорним тиском, а саме: із збільшенням об'єму цитоплазми підвищуватиметься тургорний тиск, а пізніше настане такий момент, що тиск оболонки дорівнюватиме тиску клітинного соку. Якщо позначити осмотичний тиск через P , тургорний тиск через T , а протидію через W , то в стані повного насичення клітини водою, тобто коли вода перебуватиме в стані відповідної рівноваги, співвідношення між цими величинами матиме такий вигляд: $P = T = W$.

У природних умовах такий стан повного насичення клітин водою властивий тільки водяним рослинам. Рослинам, що розвиваються в надземних умовах і витрачають безперервно значну кількість води внаслідок випаровування, стан повного тургору не властивий. У таких рослин осмотичний тиск клітинного соку буде більший, ніж зовнішнього розчину. Внаслідок цього осмотичний тиск P залишатиметься незрівноваженим еластичною протидією клітинної оболонки. Тому осмотичний тиск P буде завжди більший, ніж тургорний тиск T . У надземних рослин, що розвиваються завжди в умовах постійного випаровування води, співвідношення між осмотичним тиском і тургорним має такий вигляд:

$$P = T + S; S = P - T.$$

Інакше кажучи, осмотичний тиск більший за тургорний. Він дорівнює тургорному тиску разом з величиною S , яка дістала назву *всмоктувальної сили*. Таким чином, всмоктувальною силою називається величина, яка показує різницю між осмотичним і тургорним тиском. Вона визначається співвідношенням між концентрацією розчинів усередині клітини та ззовні. Отже, надходження води в клітину зумовлюється не абсолютною величиною осмотичного тиску, а всмоктувальною силою.

Величина всмоктувальної сили залежить від того, в якій мірі клітина не насичена водою. Ненасиченість в свою чергу пропорційна різниці між осмотичним і тургорним тиском, тобто дефіциту тургорного тиску.

Максимальна всмоктувальна сила властива клітинам, в яких цитоплазма перебуває в стані плазмолізу. Для кожної клітини величина всмоктувальної сили змінюється залежно від того, в якій мірі відбувається процес випаровування, як саме змінюється водний режим рослини. Всмоктувальна сила може бути показником вбирання води рослиною. А. Уршпрунг, В. М. Арциховський та ін. розробили методи визначення вбирання води рослиною. Так, Уршпрунг для визначення величини всмоктувальної сили запропонував стежити за зміною об'єму клітини у смужках, вирізаних з будь-якого органу рослини, а найкраще з листка. Такі смужки занурюють у розчин нейтральних і нешкідливих речовин різної концентрації. Найчастіше в таких випадках використовують розчини сахарози. Якщо осмотичний тиск даного розчину, в якому міститься смужка листка, не змінюється, то це свідчить про те, що вона дорівнюватиме всмоктувальній силі клітин. Величину всмоктувальної сили визначають в атмосферах. В.М. Арциховський запропонував ще й такий метод для визначення всмоктувальної сили тканини, рослини, наприклад листків. За цим методом шматочки листка занурюють у розчини сахарози різної концентрації. Однак при цьому вимірюють не зміну розмірів цих шматочків, а зміни концентрації тих розчинів, в які занурені шматочки листка. Якщо всмоктувальна сила листка більша, ніж осмотичний тиск розчину, то такий листок відбиратиме частину води від розчину, концентрація якого буде збільшена, або навпаки. Величина всмоктувальної сили листка дорівнюватиме осмотичному тиску того розчину, концентрація якого не змінилась. Для визначення концентрації дослідних розчинів застосовують рефрактометри.

*Явище відставання протоплазми від клітинної оболонки одержало назву **плазмоліз**.* Цей процес зворотній, якщо клітину перенести у чисту воду або слабкоконтентрований розчин, вода надходитиме в клітину. Розрізняють три види плазмолізу: опуклий, вігнутий та спазматичний. Іони деяких металів, наприклад літію, натрію, калію дуже впливають на цитоплазму в гіпертонічних розчинах і спричиняють плазмоліз, який називається ковпачковим і полягає в тому, що на протилежних кінцях клітини утворюються тільця, схожі на ковпачок.

В зів'ялих рослин в клітинах листка протоплазма не відстає від клітинної стінки, як при плазмолізі, а стискується і тягне її за собою, внаслідок чого вона прогинається. Це явище називають **циторіз**.

Клітина проявляє себе як саморегулююча система. Спостереження за явищами плазмолізу і тургору дозволяють вивчати різні властивості клітини. Явище плазмолізу свідчить, що клітина жива і протоплазма зберігає напівпроникність. За швидкістю і формою плазмолізу судять про в'язкість протоплазми. Явище плазмолізу дозволяє визначити величину осмотичного потенціалу (плазмолітичний метод). Адже розчин, який спричинює в клітині плазмоліз має осмотичний потенціал, який дорівнює осмотичному потенціалу клітини. Знаючи концентрацію зовнішнього розчину в молях, можна розрахувати його осмотичний потенціал, а значить і осмотичний потенціал клітини. Осмотичний потенціал показує, наскільки розчинена речовина знижує активність води.

Визначення осмотичного потенціалу можна проводити також шляхом визначення концентрації клітинного соку. Осмотична концентрація вакуолярного соку для клітин кореня становить 0,3-1,2 МПа, а для клітин надземних органів 1,0-2,6 МПа. Це обумовлює існування вертикального градієнта осмотичної концентрації і всисної сили від кореня до листків.

Можливе також надходження води в клітину шляхом захоплення води клітиною в процесі **піноцитозу**. **Піноцитоз**— це угинання поверхневої мембрани всередину, завдяки якому відбувається захоплення краплин рідини.