

КЛЕТКА ОСМОСТЫҚ ЖҮЙЕ РЕТІНДЕ

Общая схема организации растительной клетки

Высшие растения являются многоклеточными организмами, состоящими из множества клеток, выполняющих специализированные функции. Несмотря на то, что дифференцированные клетки могут сильно отличаться друг от друга, все они как клетки эукариотического организма имеют ядро, цитоплазму, ряд клеточных органелл и систему мембран, которая не только отделяет клетку от окружающей среды, но и разделяет на компартменты ее внутреннее содержимое.

Специфической особенностью строения растительной клетки является наличие системы пластид, крупной центральной вакуоли, а также прочной полисахаридной клеточной стенки. Растительная клетка содержит три относительно автономные, но тесно взаимодействующие *генетические системы: ядерную, митохондриальную и пластидную*. Для растительных клеток характерен особый тип роста – рост растяжением. У делящихся растительных клеток отсутствуют центриоли.

Поскольку клеточные стенки клеток одной ткани или органа непосредственно контактируют друг с другом, то возникает единая система клеточных стенок, которая называется апопластом.

Протопласты растительной клетки через поры клеточных стенок связаны между собой плазмодесмами, которые соединяют их в цитоплазматическое целое – симпласт. Каждая плазмодесма представляет собой тяж гиалоплазмы, окруженный плазмалеммой, центральную часть которого занимает десмотрубка, которая связывает эндоплазматический ретикулум соседних клеток. Непрерывную систему эндоплазматического ретикулума растения называют эндопластом.

Таким образом, растительный организм представляет собой единую систему дифференцированных клеток, выполняющих определенные функции и имеющих обусловленные этими функциями особенности строения. Дифференцировка клеток обусловлена изменением активности генома клетки, экспрессией одних генов и подавлением активности других. Специфической особенностью растительных клеток является *тотипотентность* – способность к дедифференцировке и реализации всей имеющейся в клетке генетической информации, способность дедифференцированной клетки дать начало новому организму. Дифференцированные животные клетки, как правило, тотипотентностью не обладают.

Основные закономерности поглощения воды клеткой

Поглощение воды из внешней среды – обязательное условие функционирования любого живого организма. Вода может поступать в клетки

растений за счет набухания биокolloидов, увеличения степени их гидратации. Этот процесс характерен для сухих семян при помещении их во влажную среду (для прорастания). В основе перемещения молекул – *диффузия*, т. е. процесс, ведущий к равномерному распределению молекул газов или растворенного вещества и растворителя благодаря их постоянному движению. *Диффузия всегда направлена от большей концентрации вещества к меньшей.*

Осмоз. Растительная клетка как осмотическая система. Осмотическое и тургорное давление. Сосущая сила

Диффузия воды через полупроницаемую мембрану называется *осмосом*. *Полупроницаемая мембрана* – это мембрана, хорошо проницаемая для воды и непроницаемая или плохо проницаемая для растворенных в воде веществ. *Осмотическая ячейка* – это пространство, окруженное полупроницаемой мембраной и заполненное каким-либо водным раствором, способным развивать определенное осмотическое давление.

Осмотическое давление (диффузное давление) – термодинамический параметр, характеризующий стремление раствора к понижению концентрации при соприкосновении с чистым растворителем вследствие встречной диффузии молекул растворённого вещества и растворителя. Если раствор отделен от чистого растворителя полупроницаемой мембраной, то возможна лишь односторонняя диффузия – осмотическое всасывание растворителя через мембрану в раствор. В этом случае осмотическое давление становится доступной для прямого измерения величиной. Оно равно избыточному давлению, приложенному со стороны раствора при осмотическом равновесии.

Осмотическое давление обусловлено понижением химического потенциала растворителя в присутствии растворённого вещества. Тенденция системы выравнивать химические потенциалы во всех частях своего объёма и переходить в состояние с более низким уровнем свободной энергии вызывает осмотический (диффузионный) перенос вещества. Осмотическое давление в идеальных и предельно разбавленных растворах не зависит от природы растворителя и растворённых веществ; при постоянной температуре оно определяется только числом «кинетических элементов» (ионов, молекул, ассоциатов или коллоидных частиц) в единице объёма раствора. Осмотическое давление (P) численно равно давлению, которое оказало бы растворённое вещество, если бы оно при данной температуре находилось в состоянии идеального газа и занимало объём, равный объёму раствора.

Мера градиента осмотического давления, то есть различия водного потенциала двух растворов, разделённых полупроницаемой мембраной, называется *тоничностью*. Раствор, имеющий более высокое осмотическое давление по сравнению с другим раствором, называется *гипертоническим*, имеющий более низкое — *гипотоническим*.

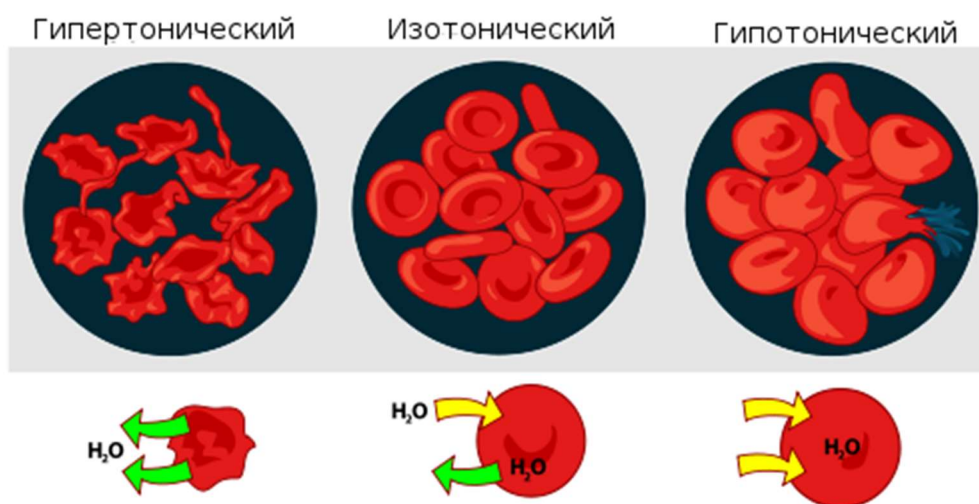


Рисунок 1 – Взаимодействие эритроцитов с растворами в зависимости от их осмотического давления.

Если же подобный раствор находится в замкнутом пространстве, например, в клетке крови, то осмотическое давление может привести к разрыву клеточной мембраны. Именно по этой причине лекарства, предназначенные для введения в кровь, растворяют в **изотоническом растворе**, содержащем столько хлорида натрия (поваренной соли), сколько нужно, чтобы уравновесить создаваемое клеточной жидкостью осмотическое давление. Если бы вводимые лекарственные препараты были изготовлены на воде или очень сильно разбавленном (гипотоническом по отношению к цитоплазме) растворе, осмотическое давление, заставляя воду проникать в клетки крови, приводило бы к их разрыву. Если же ввести в кровь слишком концентрированный раствор хлорида натрия (3-10 %, гипертонические растворы), то вода из клеток будет выходить наружу, и они сожмутся. В случае растительных клеток происходит отрыв протопласта от клеточной оболочки, что называется **плазмолизом**. Обратный же процесс, происходящий при помещении сжавшихся клеток в более разбавленный раствор, — соответственно, **деплазмолизом**.

Осмотическое давление измеряют с помощью специальных приборов (**осмометров**), определяя избыточное гидростатическое давление столба жидкости в трубке осмометра после установления осмотического равновесия.

Осмоз является основным механизмом поступления воды в растительную клетку.

Все клеточные мембраны, в том числе плазмалемма и тонопласт, являются полупроницаемыми мембранами. Вода проходит в клетку через водные поры в плазмалемме, образованные специальными белками — аквапоринами.

Внутри вакуоли («осмотической ячейки») клеточный сок развивает *осмотическое давление π* :

$$\pi = i C R T,$$

где C – концентрация раствора в молях; T – абсолютная температура; R – газовая постоянная $0,082 \text{ л} \times \text{атм/град} \times \text{моль}$; i – изотонический коэффициент, равный $1 + \alpha(n-1)$.

Значение i находится так:

$$i = 1 + \alpha(n-1),$$

где α – степень электролитической диссоциации; n – число ионов, на которые распадается молекула электролита.

Благодаря осмотическому притоку воды в клетку там возникает *гидростатическое давление*, называемое *тургорным*. Это давление прижимает цитоплазму к клеточной стенке и растягивает ее. Клеточная стенка имеет ограниченную эластичность и оказывает равное противодействие. Эластическое растяжение ткани благодаря тургорному давлению ее клеток придает твердость неодревесневшим частям растений. Завядающие побеги становятся дряблыми, так как при потере воды тургорное давление падает. *Тургорное давление противодействует притоку воды в клетку*.

Давление, с которым вода осмотически притекает в клетку, равно, таким образом, разности осмотического давления π и тургорного давления P . Эту величину называют *сосущей силой S* :

$$S = \pi - P.$$

Вода поступает в клетку из внешнего раствора, если его потенциальное осмотическое давление меньше сосущей силы клетки, и, наоборот, вода выходит из клетки в раствор с более высоким потенциальным осмотическим давлением.

Химический потенциал воды и водный потенциал клетки

При термодинамической трактовке сосущая сила заменяется водным потенциалом ψ_w . *Водный потенциал* можно определить как работу, необходимую для того, чтобы поднять потенциал связанной воды до потенциала чистой, то есть свободной, воды. Термин «водный потенциал» не совсем точен. Правильнее, но менее употребителен термин «разность потенциалов воды», поскольку он определяет разность химических потенциалов воды в системе μ_w (например, в вакуоли) и чистой воды μ_{ow} при атмосферном давлении. Абсолютные значения μ_w и μ_{ow} неизвестны, но их

разность можно определить. Она всегда отрицательна. Потенциал воды в растворе, растении, почве и атмосфере меньше нуля. Потенциал чистой воды равен нулю

Можно также заменить π и P на потенциалы, а именно на *осмотический потенциал ψ_{π}* (отрицательный) и *потенциал давления ψ_p* (как правило, положительный). В таком случае осмотическое уравнение превращается в уравнение потенциала воды:

$$\psi_w = -\psi_{\pi} - \psi_p \text{ (размерность бар} = \text{эрг} \times \text{см}^{-3} \times 10^6 \text{)}.$$

Величину осмотического потенциала можно определить *плазмолитическим методом*. *Плазмолиз* – это процесс, обусловленный потерей воды клеткой. Он проявляется в отходе протопласта от клеточной стенки. При переносе плазмолизированных тканей в гипотонический раствор (или чистую воду) вода поступает в клетку и происходит *деплазмолиз*. Количество воды в клетке увеличивается, объем вакуоли возрастает – и она прижимает цитоплазму к клеточной стенке. Плазмолитический метод основан на подборе изоосмотического (изотонического) раствора, то есть имеющего осмотический потенциал, равный осмотическому потенциалу клетки. Раствор, при котором начался плазмолиз, имеет осмотический потенциал, примерно равный осмотическому потенциалу клетки. Зная концентрацию наружного раствора в молях, можно вычислить осмотический потенциал клетки.

Иногда при сильном завядании протопласт не отстает от клеточной стенки, как при плазмолизе, а сжимается и тянет ее за собой. При этом клеточная стенка прогибается. Это явление называют *циторризом*. Развивается натяжение (или отрицательное давление стенки) – и потенциал тургорного давления приобретает отрицательное значение. В этом случае величина водного потенциала определяется уже не разностью, а суммой осмотического потенциала и потенциала давления:

$$-\psi_w = -\psi_{\pi} + \psi_p.$$

Величина осмотического потенциала позволяет судить о способности растения поглощать воду из почвы и удерживать ее, несмотря на иссушающее действие атмосферы. Осмотический потенциал колеблется у разных растений в пределах от -5 до -200 баров. У водных растений осмотический потенциал около -1 бара. У большинства растений средней полосы осмотический потенциал колеблется от -5 до -30 баров, растения степей и пустынь имеют более отрицательный осмотический потенциал. Осмотический потенциал различен и у разных жизненных форм. У деревьев он отрицательнее, чем у кустарников и травянистых растений. У светолюбивых растений осмотический потенциал отрицательнее, чем у теневыносливых растений.

Поступление воды в клетку обусловлено не только осмотическим давлением, но и силой набухания. Набуханием называют поглощение жидкости или пара высокомолекулярным веществом (набухающим телом),

сопровождается увеличением объема. Явление набухания обусловлено коллоидальными и капиллярными эффектами. В протоплазме преобладает набухание на коллоидальной основе (гидратация коллоидов), а в клеточной стенке наблюдаются оба эффекта: капиллярный – накопление воды между микрофибриллами и в межмицеллярных пространствах; коллоидальный – гидратация полисахаридов, особенно гемицеллюлоз. У некоторых частей растений поглощение воды происходит исключительно путем набухания, например у семян.

Благодаря большому средству набухающего тела к воде при набухании может возникать давление набухания в несколько сотен атмосфер. Силу набухания обозначают термином «матричный потенциал» ψ_t .

Таким образом, для клетки характерны следующие уравнения водного потенциала:

$$\text{вакуоль: } -\psi_w = -\psi_\pi - \psi_p;$$

$$\text{протоплазма: } -\psi_w = -\psi_\pi - \psi_p - \psi_t;$$

$$\text{клеточная стенка: } -\psi_w = -\psi_t.$$

Вода в клетку может поступать также в процессе пиноцитоза, когда часть плазмалеммы прогибается внутрь клетки. Внешние края такой инвагинации смыкаются и в виде пузырька – везикулы с адсорбированными частицами и внешним раствором, – который проходит внутрь цитоплазмы.

Зертханалық жұмыс №8. ПЛАЗМОЛИЗ ӘДІСІМЕН КЛЕТКА ШЫРЫНЫНЫҢ ОСМОСТЫҚ ҚЫСЫМЫН АНЫҚТАУ

Табиғатта *диффузия* құбылысы, яғни зат бөлшектерінің көп шоғырлану аймағынан аз шоғырлану аймағына жылу қозғалысы кеңінен таралған. Диффузияланатын заттың жолында жартылай өткізгіш мембраналы бөгет пайда болған кезде заттың қозғалысы шектеледі, нәтижесінде мембрана арқылы судың бір бағытты ағыны қалыптасады. Бұл құбылыс *осмос* деп аталады. Еріткіштің мембрана арқылы ерітіндіге өтіп кетуін болдырмас үшін қандай да бір қысым қажет, бұл *осмотық қысым* немесе *осмотық потенциал* деп аталады.

Вант-Гофф бойынша сұйылтылған ерітінділер жағдайында осмотық қысым физикадағы газ заңдарына бағынады. Сондықтан ерітіндінің осмотық потенциалын анықтау үшін төмендегі формуланы қолдануға болады (1):

$$P = RTCi, \tag{1}$$

мұндағы, P – осмотикалық потенциал, атм;

R – газ тұрақтысы (0,082);

T – абсолютті температура (273 + t °C);

C – ерітіндінің, моланың концентрациясы;
 i – ерітілген заттың диссоциация дәрежесін сипаттайтын Вант-Гоффың изотониялық коэффициенті.

Ересек өсімдік клеткасы – активті осмостық жүйе, ондағы жартылайөткізгіш мембрананың қызметін тірі протоплазма, ал осмостық белсенді ерітінді рөлін вакуольдегі клетка шырыны атқарады. Сол себептен барлық клеткаға осмостық потенциал тән, бұл өсімдіктердің су алмасуында аса маңызды.

Жоғарыда келтірілген формуладан көрініп тұрғандай, ерітіндінің концентрациясын C біле отырып осмостық қысымды есептеуге болады. Сондықтан осмостық қысымды анықтаудың барлық әдістері ерітінді концентрациясының тепе-теңдігін белгілеуге негізделеді.

Берілген зертханалық жұмыста ұсынылатын әдістің принципі клетка шырынның концентрациясына тең болатын сыртқы ерітіндінің концентрациясын іріктеуге негізделген; оны плазмолиз дәрежесін, яғни клетка ішіндегі компоненттердің клетка қабырғасынан ажырауын, бақылау арқылы табады.

Жұмыстың мақсаты: өсімдік клеткасындағы плазмолиз дәрежесін бақылай отырып, клетка шырынының осмостық қысымын есептеуді үйрену.

Жұмыстың міндеттері:

- Калий (кальций) нитратының әртүрлі концентрациялы ерітінділерін қолдана отырып изотоникалық концентрацияны анықтау;

- Формула бойынша пияз клеткасы үшін изотоникалық коэффициентті есептеу;

- Клетка шырының осмостық қысымын есептеп шығару.

Жұмыс барысы: қақпағы жабылатын шыны бюкстерде 10 мл-ден 0,5 М; 0,4 М; 0,3 М; 0,2 М; 0,1 М концентрациялы азот қышқылды калий (үнді селитрасы) ерітіндісін 1 М бастапқы ерітіндіні дистилденген сумен сұйылта отырып дайындайды. Ерітінділерді жақсылап араластырып, бюкстердің сыртына сәйкес ерітінділердің концентрациясы жазылған заттаңбалар жабыстырылады.

Жоғары концентрациядан төменге қарай жүре отырып, ерітіндінің әрқайсысына боялған пияз эпидермисінің кесіндісін салады. Препараттардың боялуы мен ерітіндіге батып тұруын қадағалау қажет! Бірінші бюкске кесінділерді салған сәттен бастап 30 мин уақыт өткеннен кейін заттық шыныға бюкстегі ерітіндіден 1 тамшы тамызып оның үстіне пияз эпидермисін салып, жаншылған препарат дайындап, оны микроскоп көмегімен бақылайды. Клеткалар плазмолизінің дәрежесін анықтап, тәжірибені жазба схемасының тиісті бағанына байқалған өзгерістерді жазады (күшті, әлсіз, сәл байқалатын, клетка бұрыштары бойынша, плазмолиз жоқ).

Бақылау нәтижелері бойынша изотониялық концентрацияның мәнін анықтап, оны есептеу формуласына қояды. Изотоникалық концентрацияны плазмолиз шамалы (әлсіз) байқалатын және плазмолиз тудырмайтын концентрациялардың орташа арифметикалық мәнін есептеу арқылы

анықтайды. Осмостық потенциалды анықтау үшін формула (1) бойынша есептеу жүргізіледі.

Кесте 1

Тәжірибе жазба схемасы

Ерітінді концен-трациясы	10 мл ерітінді дайындау үшін		Экспозиция ұзақтығы		Плазмолиз дәрежесі	Изотони-калық концен-трация
	1 М KNO ₃ , мл	H ₂ O, мл	батыру уақыты	бақылау уақыты		
1 М			13:31	14:01		
0,5 М			13:33	14:03		
0,4 М			13:35	14:05		
0,3 М			13:37	14:07		
0,2 М			13:39	14:09		
0,1 М			13:41	14:11		

Изотоникалық коэффициент мынадай формула бойынша анықталады

$$i = 1 + \alpha (n - 1), \quad (2)$$

мұндағы, α – электролиттің диссоциация дәрежесі (оның KNO₃ ерітіндісінің әртүрлі концентрациясы үшін мәні 2 кестеде келтірілген;

n – заттың молекуласы диссоциацияланатын иондардың саны.

2 кестеде ерітінділердің диссоциациялану дәрежесі көрсетілген.

Кесте 2

Ерітінділердің диссоциация дәрежесі

Ерітіндінің концентрациясы (М)	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
Диссоциация дәрежесі	0,71	0,74	0,76	0,79	0,83

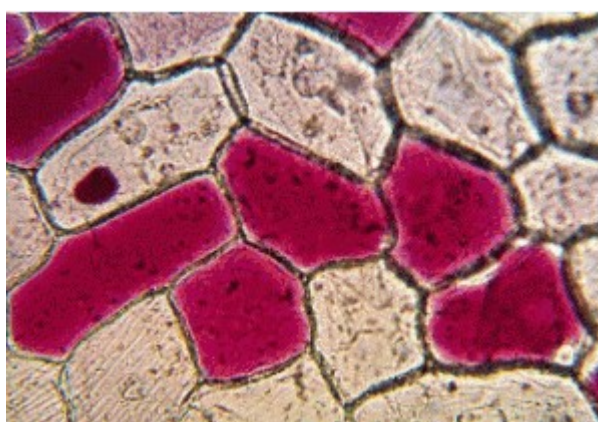
Жұмысты қорытындылау. Алынған нәтижелер негізінде изотоникалық концентрацияны, изотониялық коэффициентті және осмостық қысымның мәнін есептеу қажет. Осыған байланысты дәптерге есептеулер жүргізіліп, сәйкесінше қорытынды жазылады.

Тапсырма:

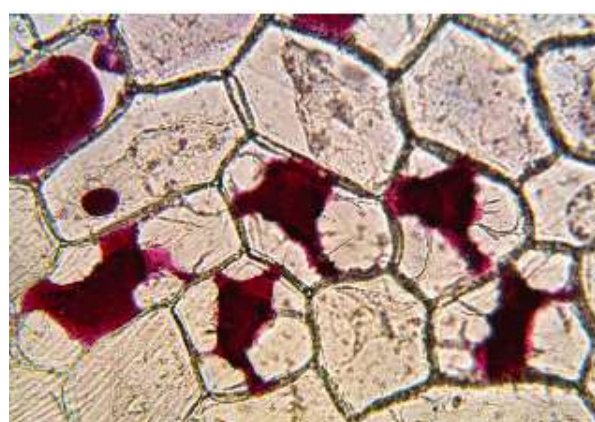
1) Концентрациясы 1 М болатын калий нитраты (KNO_3) мен кальций нитратының ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) ерітінділерін 250 мл көлемге дайындау үшін таразыда неше грамм тұз өлшеп алу қажет?

2) 1 М KNO_3 бастапқы ерітіндісін сұйылта отырып концентрациясы 0,5 М; 0,4 М; 0,3 М; 0,2 М; 0,1 М болатын 10 мл көлемдегі калий нитратының түрлі концентрациядағы ерітінділерін дайындау. Нәтижесін 1-кестеге толтыру.

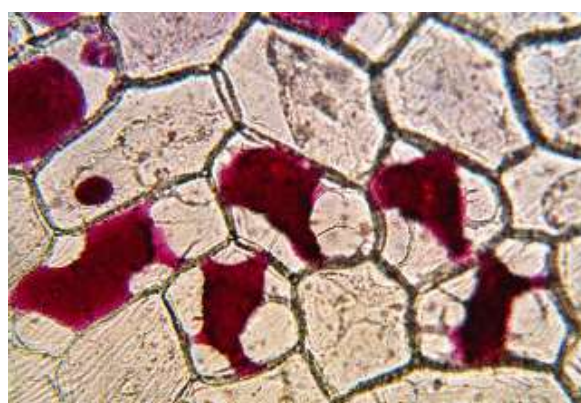
3) Калий нитратының түрлі молярлы концентрациядағы ерітінділерінде 30 мин ұсталған пияз эпидермисінен дайындалған микропрепараттар бойынша плазмолиз түрі мен дәрежесін анықтау



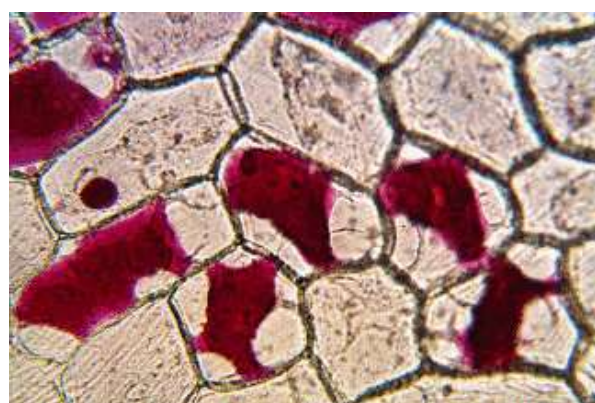
Тургор жағдайындағы пияз
клеткалары
Үлкейту $\times 100$



1 М KNO_3
Үлкейту $\times 100$



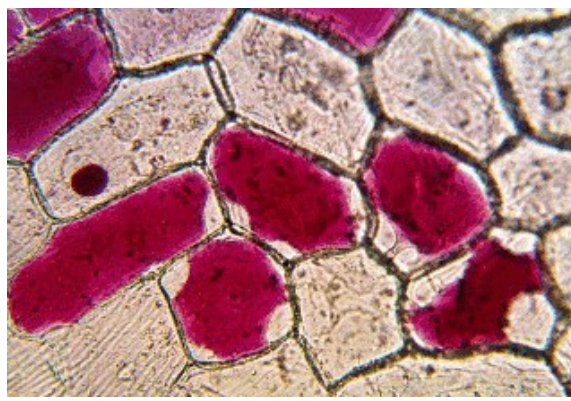
0,5 М KNO_3
Үлкейту $\times 100$



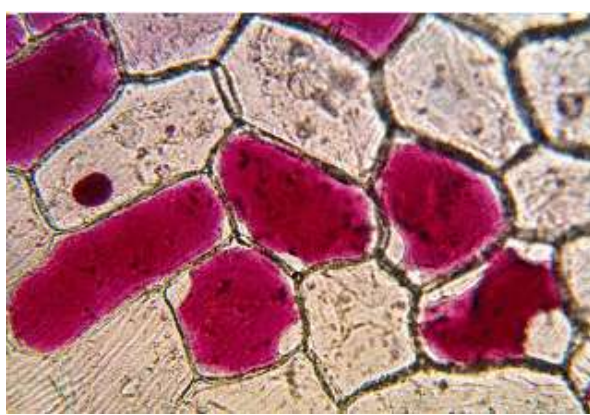
0,4 М KNO_3
Үлкейту $\times 100$



0,3 M KNO₃
Үлкейту ×100



0,2 M KNO₃
Үлкейту ×100



0,1 M KNO₃
Үлкейту ×100

4) Изотоникалық концентрация мәнін анықтап, осмостық потенциалды есептеңіз.

5) Микропрепараттардың суретін дәптеріңізге салып, қорытынды жасаңыз.