КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АЛЬФАРАБИ
ФАКУЛЬТЕТ ГЕОГРАФИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
КАФЕДРА ЮНЕСКО ПО УСТОЙЧТИВОМУ РАЗВИТИЮ

Дисциплина «Биоразнообразие растений»

Воздух как экологический фактор

Преподаватель:
Садырова Гульбану Ауесхановна,
д.б.н., доцент

ПЛАН ЛЕКЦИИ.

1. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ КИСЛОРОДА ВОЗДУХА
2. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ВОЗДУХА:

Цель лекции:

Цель лекции — раскрыть сущность воздуха как экологического фактора для растений и животных, объяснить экологическое значение O_2 (дыхание, аэрация), CO_2 (фотосинтез, почва), круговорот углерода и роль организмов в поддержании баланса газов.

Экологическое значение кислорода воздуха:

- источник: фотосинтез цианобактерий/растений ($1{,}2 \times 10^{15}$ т, 70×10^{9} т/год);
- роль: дыхание (акцептор H^+, АТФ, КПД 30–40 %), аэробный метаболизм;
- двойственность: яд (атомарный O_2, озон), защита от радикалов;дыхание растений: устьица → клетки, в воде — лимит (14,7 мг/л при 0 °C);
- аэрация почвы: поры, O_2 ↓ к нижним горизонтам, влияние T°, влажности.

Экологическое значение диоксида углерода воздуха:

- роль: фотосинтез (1,47 г CO_2/г глюкозы), выветривание почвы;
- запасы: 26×10^{15} т (атмосфера 730 млрд т, океан 38 000 млрд т);
- изменения: +20 % с 1860 г. (топливо, пожары 6,3 + 1,6 млрд т/год);
- колебания: сезонные (север: –3 % весна-лето), суточные.

Круговорот углерода и живые организмы:

- цикл: CO_2 → растения → гетеротрофы → дыхание/гниение → CO_2 (300 лет);
- роль: автотрофы (синтез), редуценты (минерализация), океан (буфер).

Лекция посвящена трём ключевым вопросам:

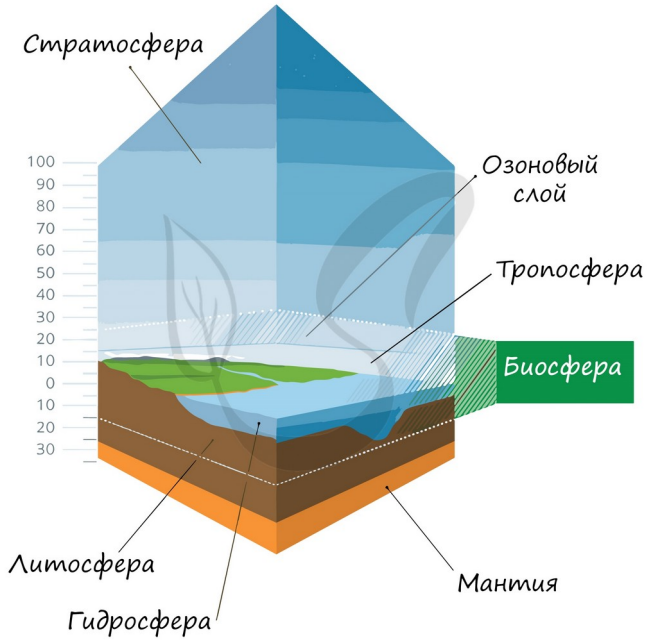
1. Экологическое значение кислорода воздуха: происхождение от фотосинтеза цианобактерий/растений ; запасы 1,2 • 10^{15} т, производство 70 • 10^{9} т/год, баланс с дыханием; роль в дыхании; двойственность; поступление; аэрация; снабжение корней от побегов

2. Экологическое значение диоксида углерода воздуха: ассимиляция в фотосинтезе , выветривание ; запасы С 26 • 10^{15} т ; антропогенное ; содержание в воздухе .

3. 3. Круговорот углерода и живые организмы: формы С ; биологический цикл ; геохимический (<10 %); редуценты ; океан-буфер ; поступление CO_2 в растение.Идея для картинки: Трёхблочная структурированная схема по вопросам с детальными подписями и анимацией: блок 1 — O_2 ; блок 2 — CO_2 ; блок 3 — круговорот ; иконки молекул, цифры запасов, фото почвы/листа/океана, стрелки диффузии через устьица с сопротивлениями

Введение в воздух как фактор

Газы — важнейшие прямодействующие условия жизни растений; состав сухого воздуха почти постоянен N_2 78,1 % O_2 21 % CO_2 0,032 % Ar 0,9 %; примеси пыль микроорганизмы споры пыльца семена газы организмов отходы; водяной пар в значительном количестве; биосфера уменьшила CO_2 в 1000 раз увеличила O_2 в 200 раз изменила свойства атмосферы; суша покрылась растительностью аккумулирует тепло влагу; растения влияют на атмосферу потребляя выделяя газы изменяя поверхность; O_2 для дыхания CO_2 для углеродного питания; воздух как физическая среда менее плотный → механические ткани; задерживает УФ сглаживает Т меняет тепло свет; движение воздуха горизонтальное механическое иссушающее распространение диаспор вертикальное конвекция перенос пыльцы семян тепловой режим.



Состав атмосферы

Сухой воздух: N_2 78,1 % O_2 21 % CO_2 0,032 % Ar 0,9 %; примеси: пыль, микроорганизмы, споры, пыльца, мелкие семена, газообразные выделения организмов, отходы производств; водяной пар непостоянно иногда значительно; состав определяет жизнь на Земле.



Трансформация атмосферы биосферой

Биосфера коренным образом трансформировала состав атмосферы Земли: она почти в тысячу раз уменьшила содержание в ней диоксида углерода CO_2 с первоначальных примерно 35 процентов до современных 0,032 процента и в двести раз увеличила количество кислорода O_2 с 0,1 процента до 21 процента, как указывает К. С. Лосев в 1985 году; эти изменения кардинально повлияли на окислительно-восстановительные свойства атмосферы, её теплопроводность и способность удерживать тепло, создав условия для развития аэробной жизни; в результате суша постепенно покрылась густой растительностью, что сделало поверхность планеты более аккумулятивной в отношении тепла и влаги, усилило круговорот воды и стабилизировало климатические условия; растения и другие организмы, потребляя и выделяя газообразные вещества, а также физически изменяя свойства земной поверхности путём создания почвенного покрова, корневых систем и биомассы, продолжают оказывать значительное влияние на атмосферу даже в настоящее время, поддерживая динамическое равновесие газового состава и предотвращая экстремальные колебания.

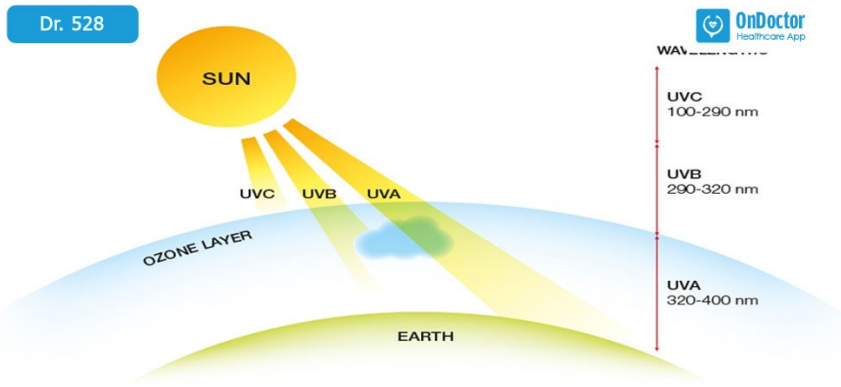
Влияние организмов на атмосферу и баланс газов

Потребляя и выделяя газообразные вещества в огромных количествах, изменяя физические и химические свойства земной поверхности путём создания биомассы, почвенного покрова, корневых систем и микроклимата, растения и другие живые организмы оказывают большое и постоянное влияние на состав и свойства атмосферы; в частности, зелёные растения при фотосинтезе повышают содержание кислорода O_2 в атмосфере, производя ежегодно около 70 миллиардов тонн, по отношению к диоксиду углерода CO_2, который они ассимилируют для построения органических веществ, в то время как дыхание всех живых организмов на планете понижает концентрацию O_2 и повышает CO_2; конечный баланс содержания CO_2 и O_2 в атмосфере во многом зависит от жизнедеятельности организмов, и если все растения внезапно погибнут, то свободный кислород на Земле быстро исчезнет в результате окислительных процессов и дыхания гетеротрофов, что подчёркивает критическую роль биоты в поддержании газового равновесия планеты.



Воздух как физическая среда для наземных растений

Воздух воздействует на наземные растения не только как источник газов, но и как физическая среда, окружающая их тела; будучи значительно менее плотным, чем вода, в которой эволюционировали первые растения, воздух вызвал необходимость формирования у наземных растений специализированных механических тканей, таких как колленхима и склеренхима, которые поддерживают стебли, листья и другие органы над поверхностью земли, предотвращая их полегание под действием гравитации и ветра, а также в разные сезоны, перераспределяет тепло и свет по поверхности планеты за счёт конвекции и циркуляции воздушных масс, создавая более стабильные условия для фотосинтеза и роста по сравнению с водной средой.



Движение воздуха и его экологическое значение

Существенное экологическое значение для растений имеет движение воздуха в различных формах; горизонтальное перемещение воздушных масс, известное как ветер, оказывает механическое влияние, изгибая стебли и листья, что стимулирует развитие механических тканей, а также иссушающее действие, усиливая транспирацию и испарение с поверхности; одновременно ветер служит важным агентом распространения диаспор — семян, спор, пыльцы, перенося их на значительные расстояния и способствуя колонизации новых территорий; вертикальные конвекционные потоки воздуха способствуют переносу пыльцы и лёгких семян на высоту, а также во многом определяют тепловой режим территорий путём перемешивания воздушных слоёв, предотвращения застоя и стекания холодных воздушных масс в понижения рельефа, такие как долины и депрессии, где они могут создавать микроклиматические инверсии температуры.

Происхождение O_2

Почти весь O_2 от цианобактерий зелёных растений; цианобактерии развив фотосинтез с O_2 как побочным продуктом изменили атмосферу для аэробной жизни; O_2 из расщеплённой H_2O вся вода Земли 1,5 млрд км^3 за 2 млн лет через фотосинтез/дыхание; цикл O_2 через живое вещество за 2000 лет по Клауду Джибору 1972.



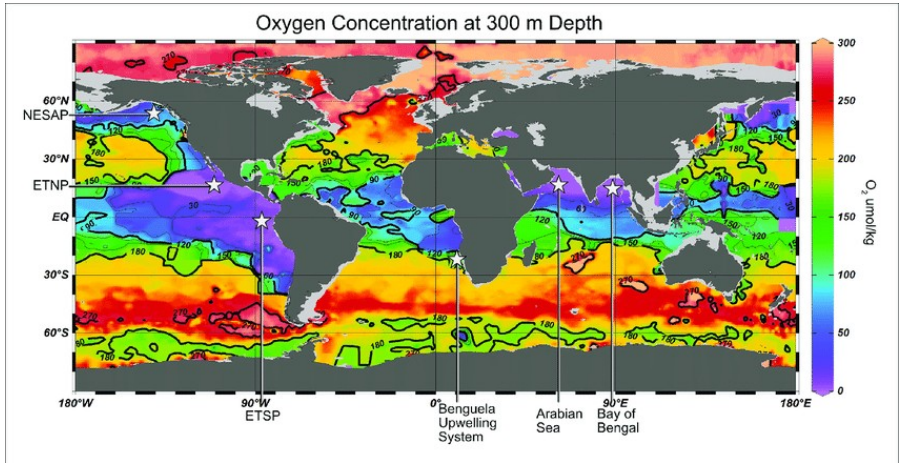
Круговорот кислорода в природе

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{Энергия света}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

Углекислый газ + Вода = Глюкоза + Кислород

Запасы и баланс O_2

В настоящее время атмосфера Земли содержит около 1,2 • 10^{15} тонн кислорода O_2 в свободном виде; зелёные растения при фотосинтезе ежегодно повышают его содержание, производя примерно 70 • 10^9 тонн O_2, что значительно превышает потребление диоксида углерода CO_2 для синтеза органики, в то время как дыхание всего живого вещества планеты, включая растения, животных и микроорганизмы, понижает концентрацию O_2, возвращая его в связанную форму; конечный баланс содержания CO_2 и O_2 в атмосфере полностью зависит от жизнедеятельности организмов, и в случае массовой гибели растений свободный кислород на Земле быстро исчезнет в результате окисления органики и минералов, как подчёркивает В. Лархер в 1978 году, демонстрируя хрупкость газового равновесия биосферы.



Роль кислорода в клетке и его двойственность

Кислород O_2 в клетке выступает как главный окислитель, жизненно необходимый для существования эукариотических организмов и многих прокариот, поскольку их клетки получают основную энергию в процессе кислородного дыхания, где O_2 служит конечным акцептором электронов; ряд организмов способен разлагать органику в анаэробных условиях путём брожения, но такой метаболизм удовлетворяет энергетические потребности значительно менее эффективно — при аэробном окислении глюкозы образуется в 18 раз больше энергии, чем при её анаэробном сбраживании; однако роль свободного кислорода в организмах двойственна: атомарный кислород и озон являются мощными клеточными ядами, и эволюция жизни была бы невозможна без развития сложных систем защиты от их прямого действия, включая антиоксидантные ферменты; в атмосфере чистого кислорода дыхание растений снижается, а при длительном воздействии они гибнут из-за усиления свободнорадикальных реакций, повреждения мембран вследствие перекисного окисления липидов.

Механизм кислородного дыхания растений

Кислород воздуха служит конечным акцептором водорода при дыхании растений, которое относится к процессам диссимиляции, при которых происходит контролируемый распад органических субстратов организма с отщеплением водорода и освобождением энергии; однако максимальный выход энергии связан с переносом водорода на конечный акцептор O_2 через дыхательную цепь в митохондриях или глиоксисомах, где благодаря окислительному фосфорилированию образуется универсальная энергетическая валюта клеток — АТФ, а также высокоэнергетические соединения при субстратном фосфорилировании; при брожении водород присоединяется к органическим соединениям, способным далее восстанавливаться, а при анаэробном дыхании — к неорганическим акцепторам вроде нитратов или сульфатов, но разность потенциалов между водородом и этими окислителями значительно меньше, чем с кислородом, поэтому кислородное дыхание даёт существенно больший выход энергии с коэффициентом полезного действия 30–40 процентов.

Поступление кислорода в наземные части растений

В воздухе кислорода O_2 всегда достаточно для дыхания наземных частей растений, концентрация 21 процент значительно превышает потребности; газы попадают в тела растений через устьица на листьях и стеблях, где растворяются в тонкой плёнке жидкой фазы клеточных стенок, а оттуда проникают внутрь клеток путём диффузии; этот процесс требует постоянного сохранения влажности контактирующих с воздухом оболочек и мембран, поскольку сухие стенки препятствуют растворению и диффузии O_2, что особенно критично в условиях засухи или низкой влажности воздуха, когда устьица могут закрываться для предотвращения потери воды.

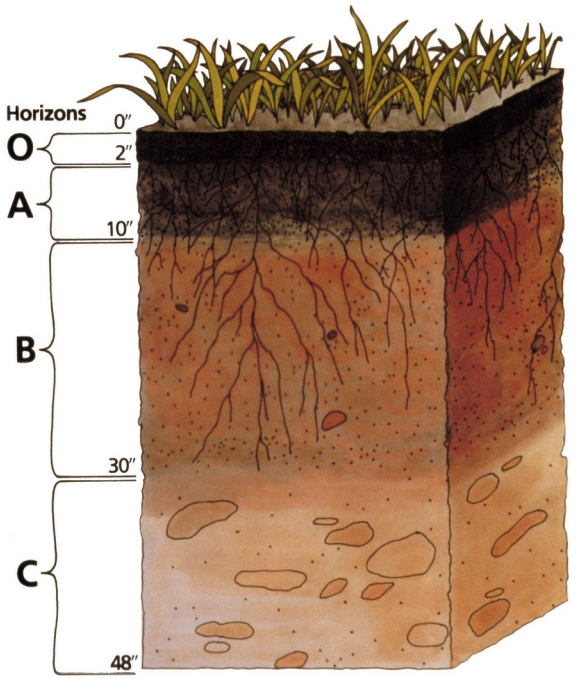


Ограничения кислорода в воде и почве

Водоёмы всегда значительно беднее кислородом O_2, чем атмосфера: в самых благоприятных условиях при температуре 0 °C в 1 литре воды может раствориться не более 14,7 миллиграмма O_2, а с повышением температуры этот показатель резко падает, и при 25 °C растворимость уже в 2 раза меньше; кроме того, в погруженные в воду органы растений, где отсутствуют устьица, кислород проникает только путём медленной диффузии через стенки клеток, скорость которой в воде в 10^4 раз меньше, чем в воздухе, а O_2 диффундирует медленнее CO_2; ситуация усугубляется активным расходом O_2 на дыхание водной микрофлоры при разложении органики, особенно в стоячих водоёмах с загрязнителями, где биохимическое потребление кислорода ускоряется при высоких температурах; поэтому для корней, семян и аэробных микроорганизмов в почве и воде кислород часто становится лимитирующим фактором, сильно влияя на рост и выживание растений, как отмечает Т. В. Чиркова в 1988 году.

Аэрация почвы и её факторы

Большое значение в жизни растений имеет аэрация почвы, от которой зависят скорость проникновения в почву кислорода O_2 и удаления из неё диоксида углерода CO_2, интенсивность накопления анаэробно образующихся токсичных соединений вроде сероводорода H_2S и метана CH_4, а также потеря или образование микроорганизмами необходимых растениям веществ, например нитратов; газообмен нужен для поддержания в почве достаточной концентрации O_2; аэрация обеспечивается сложной системой почвенных пор разного размера, заливание которых водой препятствует проникновению туда кислорода; содержание O_2 в почвенном воздухе зависит от множества причин: погодных условий, физико-химических свойств почвы включая объём порового пространства, размер пор, дренированность, биологических параметров таких как интенсивность дыхания почвенных организмов и корней растений.

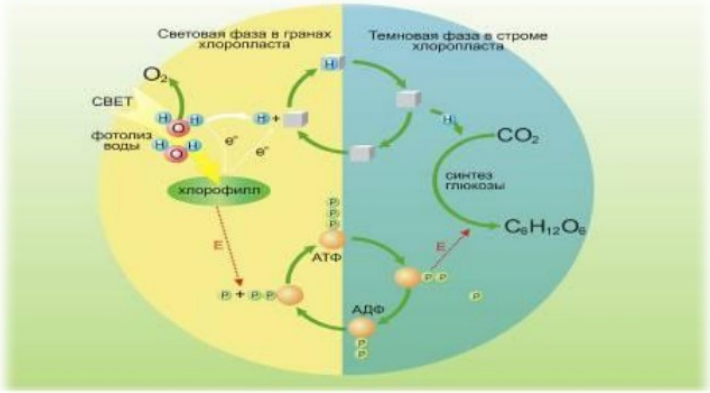


Влияние аэрации на микрофлору и минеральное питание

При нехватке кислорода O_2 в почве изменяется отношение растений с почвенными организмами: значительно увеличивается поражаемость корней паразитическими грибами, снижается активность микоризообразователей, что ухудшает симбиоз; в заболоченной почве существенно меняется деятельность почвенной микрофлоры — повышается активность анаэробных аммонифицирующих и денитрифицирующих бактерий, что ведёт к значительным потерям азота в форме газов N_2 и N_2O, с другой стороны, избыточное увлажнение заметно снижает интенсивность аэробного разложения гумусовых веществ, замедляя переход их в доступные для растений минеральные формы; особенно ослабляется деятельность нитрифицирующих бактерий, обогащающих почву нитратами — они активны лишь в хорошо аэрируемых, богатых органикой, незакисленных почвах; избыточно увлажнённые почвы часто обедняются соединениями Ca, K, Mg и основаниями, так как в составе гумуса преобладают фульвокислоты, образующие с ними растворимые соли, мигрирующие вниз с просачивающейся влагой..

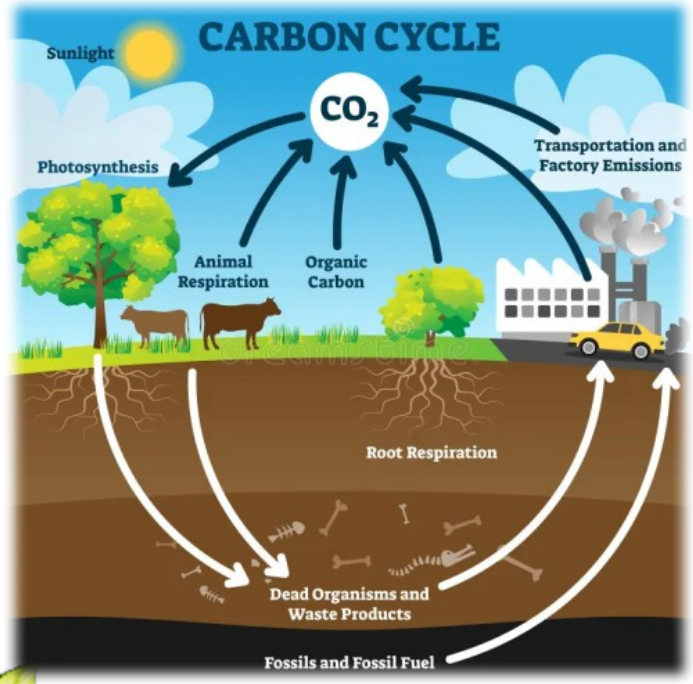
Роль диоксида углерода для растений и почв

Диоксид углерода CO_2 очень важен для растений, так как они строят органические вещества своего тела за счёт его ассимиляции при фотосинтезе — для образования 1 грамма глюкозы требуется поглотить 1,47 грамма или 0,75 литра CO_2, что при его концентрации в воздухе извлекается из примерно 2500 литров атмосферы; кроме того, CO_2 имеет большое значение в химическом изменении минеральной части почв: насыщенный им почвенный раствор активно растворяет многие соединения почвы, особенно карбонаты, обеспечивая их вынос из верхних горизонтов или, наоборот, подтягивание питательных веществ из нижних горизонтов в зависимости от условий, по И. С. Кауричеву и др. 1982, способствуя выветриванию и почвообразованию.



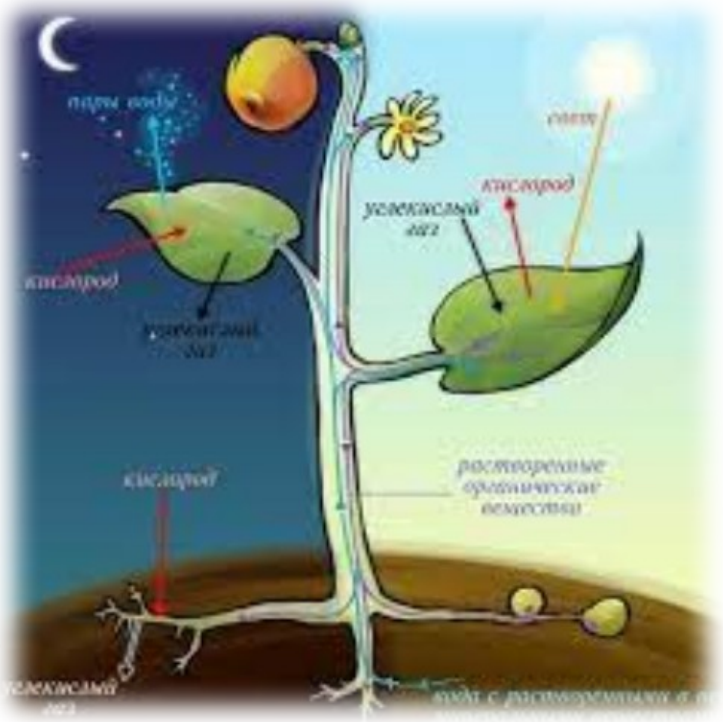
Глобальные запасы углерода и антропогенное влияние

Общий запас углерода на Земле составляет более 26 • 10^{15} тонн по В. Лархеру 1978; в атмосфере около 730 миллиардов тонн, в почве 2011 миллиардов тонн, в наземной растительности 466 миллиардов тонн, но больше всего — 38 000 миллиардов тонн растворено в Мировом океане или входит в состав планктона; до вмешательства человека наземные растения ежегодно поглощали 120 миллиардов тонн углерода, но он почти весь возвращался за счёт дыхания и разложения; с начала промышленной революции в XIX веке в атмосферу с CO_2 попало дополнительно 500 миллиардов тонн углерода, две трети за счёт сжигания ископаемого топлива и одна треть из-за разрушения сообществ — вырубки лесов, распашки; сейчас ежегодно в атмосферу попадает около 6,3 миллиарда тонн углерода от промышленности плюс 1,6 миллиарда от лесных пожаров, при этом около 2,3 миллиарда тонн CO_2 ежегодно растворяется в океане и примерно столько же поглощает естественная растительность, с важнейшей ролью акваторий южного полушария и тайги/смешанных лесов севера..



Дыхание почвы как источник CO_2

Дыхание почвы — выделение эдафоном (совокупностью почвенных организмов) CO_2 в прилегающий слой воздуха, главный источник CO_2 в сообществах суши; на долю дыхания корней приходится 10–30 %, крупных животных мало, основное — микробиологическая переработка отмерших остатков; в нормальных почвах CO_2 ↑ к нижним горизонтам, растёт с T, но при жаре и влажности завядания ↓; пик летом, но динамика изменчива от газообмена, увлажнения, T; при обильной органике, слабокислой реакции, O_2 и воде — CO_2 в 50 раз выше атмосферы; влияние диффузии, движения воздуха, турбулентности днём/ночью, по И. С. Кауричеву и др. 1982.



Поступление CO_2 в растение и диффузные сопротивления

Газообмен происходит диффузией, CO_2 от воздуха до хлоропластов преодолевает сопротивления: пограничный слой (толщина от ветра, опушения), устьичное (главное, регулируемое, 0,5–1,5 % площади, закрытие → блок), мезофилл (межклетники), растворение/транспорт в стенке/цитоплазме, карбоксилирование; контроль устьиц баланс вода/CO_2; густота, размер, форма устьиц видоспецифичны, но зависят от местообитаний.

Список использованной литературы

1. Шаповалова А.А. Экология растений. Саратов, 2017. -125 с.
2. Афанасьева Н.Ф., Березина Н.А. Экология растений. Москва, 2016. -115 с.
3. Лемеза Н. А. Экология растений. Минск, 2018. – 96 с.
4. Кобланова С. А. Экология растений. 2017. – 112 с.
5. Родман Л.С.. География и экология растений [Электронный ресурс]: Учебное пособие. М: ТРАСЛОГ, 2018. 116 с.
6. Килякова Ю.В.. Водные растения [Электронный ресурс]: практикум /Оренбургский гос. ун-т. Оренбург: ОГУ, 2013. 201 с.