زیست دوازدهم

فصل ٦: از انرژی به ماده

FEBRUARY 11, 2021

عبدالعزیز بلوچ

دبیر زیست شناسی کنارک

فصل ۶

از انرژی به ماده

دانستیم انرژی مورد نیاز ما برای انجام فعالیت های حیاتی، از مواد مغذی مانند گلوکز تأمین می شود.

اکنون پرسش این است که منشأ انرژی ذخیره شده در ترکیباتی مانند گلوکز چیست؟
چه فرایند یا فرایندهایی در دنیای حیات وجود دارد که با ساختن ماده آلی، انرژی را در آنها ذخیره می کند؟
چه جاندارانی می توانند این فرایندها را انجام دهند و این جانداران چه ویژگی هایی دارند؟

گفتار ۱

فتوسنتز: تبدیل انرژی نور به انرژی شیمیایی

متن کتاب

می دانید گیاهان در فرایند فتوسنتز CO_2 را با استفاده از انرژی نور خورشید به ماده آلی تبدیل و اکسیژن نیز تولید می کنند. (واکنش زیر) بر این اساس می توان میزان فتوسنتز را با تعیین میزان کربن دی اکسید مصرف شده و یا اکسیژن تولید شده اندازه گرفت.

$$۶CO_۲ + ۶H_۲O \xrightarrow{\text{نور خورشید}} C_۶H_{۱۲}O_۶ + ۶O_۲$$

برای اینکه جانداری بتواند فتوسنتز انجام دهد، چه ویژگی هایی باید داشته باشد؟ یکی از این ویژگی ها داشتن مولکول های رنگیزه ای است که بتوانند انرژی نور خورشید را جذب کنند. همچنین، باید سامانه ای برای تبدیل این انرژی به انرژی شیمیایی وجود داشته باشد. انواعی از جانداران وجود دارند که فتوسنتزمی کنند. در ادامه به بررسی این فرایند در گیاهان می پردازیم.

انواع جانداران از نظر سوخت و ساز

الف) جانداران مصرف کننده(هتروتروف) : این جانداران که شـامل همه جانوران، همه قارچ ها، اغلب باکتریها و برخی آغازیان می شـوند، که قدرت تولید مواد آلی را از مواد کانی (معدنی) ندارند. (یعنی انرژی مورد نیاز را از مواد آلی می گیرند)

ب) جانداران تولید کننده(اتوتروف) : این جانداران می توانند با استفاده از انرژی و الکترون ها ، مواد معدنی را به مواد آلی تبدیل کنند . که براساس منبع انرژی به دو دسته فتوسنتز کننده و شیمیوسنتز کننده تقسیم می شوند .

جانداران فتوسنتز کننده : در این جانداران منبع انرژی فقط نور خورشید است اما منبع الکترون متفاوت است. (در انتهای فصل خواهیم گفت) و شامل گیاهان ، برخی آغازیان و برخی از باکتری ها است .

جانداران شیمیوسنتز کننده : در این جانداران منبع انرژی به جای نور خورشید ، از مواد معدنی می باشد . و منبع الکترون هم موادمعدنی هستند . و شامل باکتری هایی می شوند که در مناطق بدون نور خورشید زندگی می کنند . مثل باکتری هایی که آمونیوم را به نیترات تبدیل می کنند .

دقت کنید در همه تولید کننده ها، $CO_۲$ مصرف و مواد قندی تولید می شود . اما $O_۲$ لزوماً در هر فتوسنتز کننده ای تولید نمیشه (مثل باکتری فتوسنتز کننده غیر اکسیژن زا) پس نمی تواز از طریق اندازه گیری $O_۲$ ، میزاز فتوسنتز را در هر جانداری اندازه گرفت .

۱) یاخته هایی که مصرف co_2 دارند عبارتند از : یاخته فتوسنتز کننده ، یاخته شیمیوسنتز کننده ، یاخته مصرف کننده (مثل یاخته کبدی انسان که با ترکیب co_2 و امونیاک ، اوره تولید می کند)

۲) یاخته هایی که توانایی فتوسنتز دارند عبارتند از : یاخته یوکاریوتی (گیاهی یا آغازیان) ، پروکاریوتی (باکتری های گوگردی وسیانو باکتری)

(توجه کنید در گیاهانی که انگلی هستند فتوسنتز وجود ندارد . مثل سس و گل جالیز)

۳) یاخته هایی که می توانند مواد معدنی را به مواد آلی تبدیل کنند عبارتند از : یاخته های تولید کننده (فتوسنتز کننده و شیمیوسنتز کننده) و یاخته های مصرف کننده (یاخته کبدی انسان)

عبدالعزیز بلوچ

نکته ها

۱)در واکنش فتوسنتز بالا منبع اکسیژن مولکولی ، مولکول آب و منبع اکسیژنی که در ساختار گلوکز وجود دارد از دی اکسید کربن است .

۲) گفتیم برای انجام فتوسنتز به رنگیزه و سامانه تبدیل انرژی نیاز داریم . رنگیزه ها و سامانه تبدیل انرژی در گیاهان که کلروپلاست دارند در غشا ی تیلاکوئید (نه غشای یاخته یا غشای داخلی و خارجی کلروپلاست) و در باکتری های فتوسنتز کننده در غشای یاخته قرار دارند .

۳) هر یاخته که فتوسنتز دارد قطعاً گیرنده نوری دارد اما هر یاخته ایی که گیرنده نوری دارد فتوسنتز انجام نمی دهد مثل یاخته های استوانه ایی و مخروطی در چشم انسان .

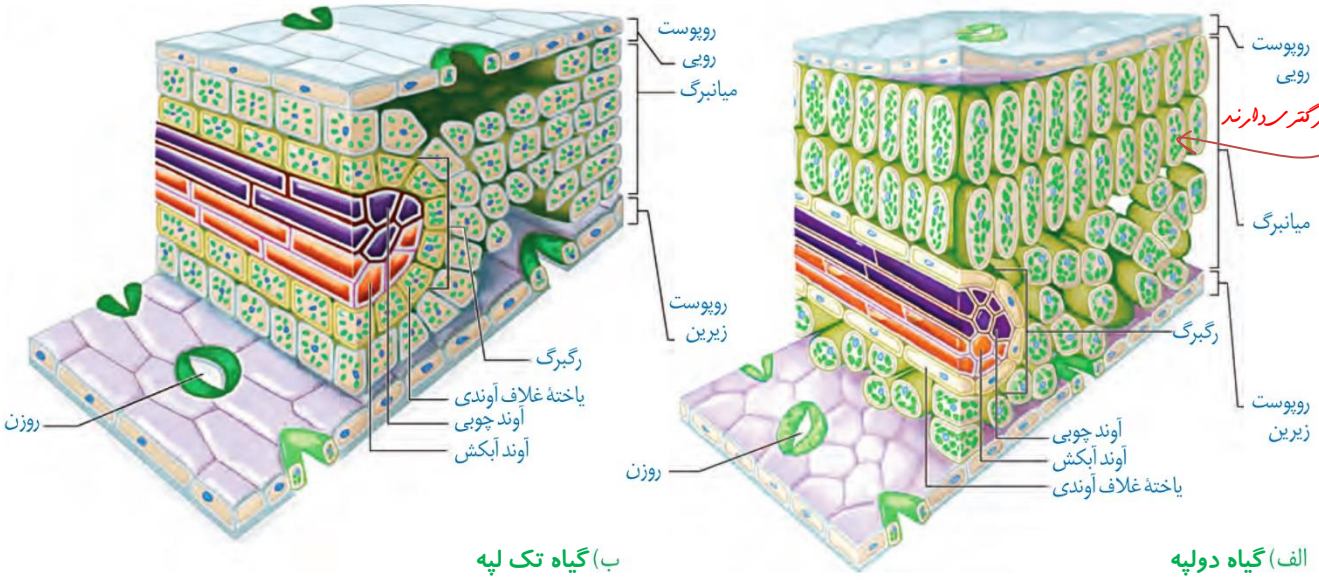
متن کتاب

برگ ساختارتخصص یافته برای فتوسنتز

برگ که مناسب ترین ساختار برای فتوسنتز در اکثر گیاهان است و تعداد فراوانی سبزدیسه دارد.
مثلا ذرت برگ ندارد

همان طور که می دانید، فتوسنتز در سبزدیسه ها انجام می شود. برگ گیاهان دو لپه دارای پهنک و دمبرگ است. پهنک شامل روپوست، میانبرگ و دسته های آوندی (رگبرگ) است. روپوست رویی و زیرین به ترتیب در سطح رویی و زیرین پهنک برگ قرار دارند. میان برگ شامل یاخته های نرم آکنه است.(شکل الف)

میانبرگ از یاخته های نرم آ کنه ای نرده ای و اسفنجی تشکیل شده است. همانطور که در این شکل می بینید، یاخته های نرده ای بعداز روپوست رویی قراردارند و به هم فشرده اند، در حالی که یاخته های اسفنجی به سمت روپوست زیرین قراردارند. میانبرگ در بعضی گیاهان از یاخته های اسفنجی تشکیل شده است (شکل ب).



الف) گیاه دولپه

ب) گیاه تک لپه

نکته های شکل

۱) روپوست از یک لایه یاخته ایی تشکیل شده است که سطح بالایی و پایینی برگ را احاطه کرده است و فاصله بین یاخته ایی آنها اندک است . و تعداد روزنه های هوایی آن در سطح پایینی بیشتر از سطح بالایی است . (توجه کنید روزنه های آبی در انتهای آوندهای چوبی قرار دارند که در تک لپه ای ها که رگبرگ موازی دارند در انتهای برگ و در دولپه ایی ها که رگبرگ انشعابی دارند در حاشیه برگ ها قرار دارند.)

۲) کرک ، نگهبان روزنه و یاخته هایی دیگر(مثل یاخته ترشحی) از جمله یاخته های روپوستی هستند . که از آنها فقط نگهبان روزنه فتوسنتز دارند .

۳) یاخته های روپوستی ترکیبات لیپیدی را می سازند و به سطح بیرونی ترشح می کنند که به آن پوستک می گویند . (البته تار کشنده هم یاخته روپوستی هست که در سطح بیرونی آن پوستک وجود ندارد)

۴) یاخته های میانبرگ از بافت نرم آکنه ایی (پارانشیمی) هستند که قدرت فتوسنتز دارند . و به دو صورت نرده ایی و اسفنجی دیده می شوند که در دولپه ای ها یاخته نرده ایی به صورت فشرده (دولایه) در زیر روپوست بالایی و یاخته های اسفنجی که فاصله بیشتری دارند به سمت روپوست پایینی قرار دارند . اما در تک لپه ای ها معمولاً میانبرگ فقط از یاخته های اسفنجی است .

۵) رگبرگ دارای غلاف آوندی ، آوند چوبی و آوند آبکشی است ، که آوند چوبی به روپوست بالایی و آوند آبکشی به روپوست پایینی نزدیک ترند.

۶) یاخته های به هم فشرده اطراف آوند ها ، غلاف آوندی گفته می شود و یاخته پارانشیمی هستند (نه آوندی) که در گیاهان (C_4) مثل تک لپه ای ها توانایی فتوسنتز دارند . ولی در گیاهان c_3 یاخته های غلاف آوندی فتوسنتز ندارند .

۷) روپوست بالایی در تک لپه ای ها با میانبرگ نرده ایی و در دولپه ایی ها با میانبرگ اسفنجی تماس دارد اما روپوست پایینی در تک لپه ایی و دولپه ایی با میانبرگ اسفنجی در تماس است . (توجه کنید از بین سه نوع بافت زمینه ایی ، در برگ فقط یک نوع آن که همان نرم اکنه ایی هست وجود دارد .

نکته ها

۱)هر یاخته پارانشیمی الزاماً فتوسنتز کننده نیست .(مثل یاخته غده سیب زمینی که نقش ذخیره ایی دارد) و همچنین هر یاخته فتوسنتز کننده الزاماً پارانشیمی نیست . (مثل نگهبان روزنه)

۲)یاخته های آوند آبکش و چوبی میتوکندری و هسته ندارند به جز یاخته های همراه در آوند آبکشی .

۳)دقت کنید روپوست همواره یک لایه ایی نیست مثلاً در خرزهره چند لایه ایی است و پوستک ضخیم دارد .

۴)دقت کنید هر برگی فتوسنتز ندارد مثل برگ گوشتی پیاز یا برگ های گیاهان انگلی مثل سس وجالیز

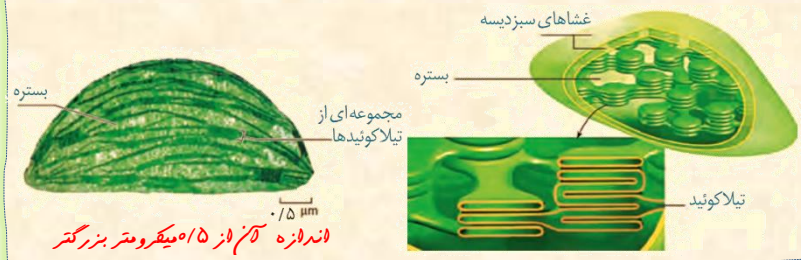
۵)گاهی برای بروز یک فنوتیپ فقط ژن کافی نیست مثلاً در گیاهان ساخته شدن کلروفیل علاوه بر ژن به نور هم نیاز دارد.

از البرزی به مادہ
عبدالعزیز بلوچ

متن کتاب

سبزدیسه (کلروپلاست)

سبزدیسه همانند راکیزه دارای غشای بیرونی و غشای درونی است که از هم فاصله دارند. فضای درون سبزدیسه با سامانه ای غشایی به نام تیلاکوئید به دو بخش فضای درون **تیلاکوئید** و **بستره** تقسیم شده است. **تیلاکوئیدها** ساختارهای غشایی و کیسه مانند و به هم متصل هستند .بستره دارای دنا، رنا و رناتن است. بنابراین، سبزدیسه مانند راکیزه می تواند بعضی پروتئین های مورد نیاز خود را بسازد. سبزدیسه نیز می تواند به طور مستقل تقسیم شود.



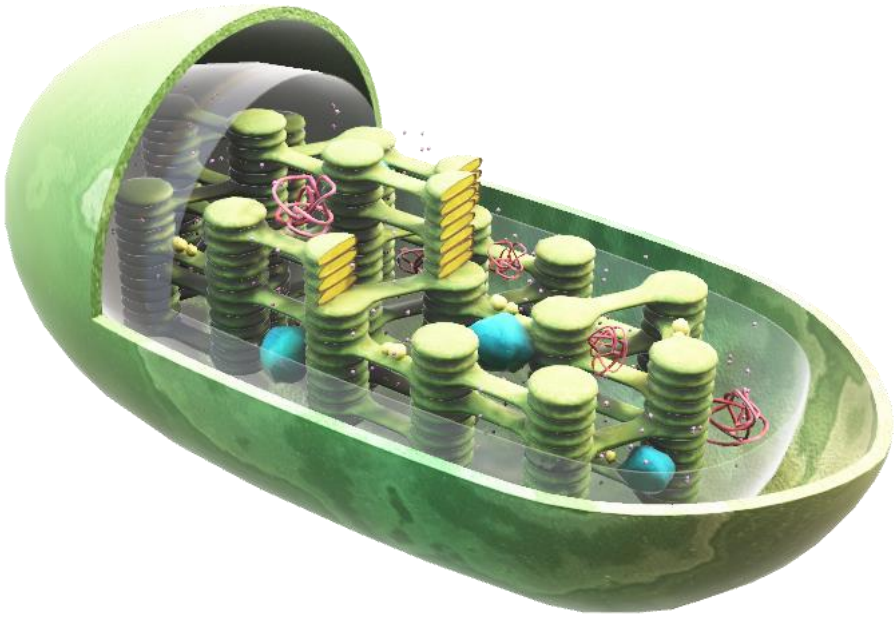
اندازه کمتر از ۰/۵ میکرومتر بزرگتر

۱) سبزدیسه دارای سه فضا است . ۱) فضای بین دو غشا که بیرونی ترین فضا است . ۲) فضای درون سبزدیسه که دناهای حلقوی ، رناتن ها و انواع رناها در آن قرار دارند . ۳) فضای درون تیلاکوئید که درونی ترین فضا هست .(البته دقت کنید در این فضا ریبوزوم ، دنا ورنا یافت نمی شوند .)

۲) با توجه به شکل می توان گفت تیلاکوئید ها از طریق تیغه هایی از جنس غشا به هم متصل هستند و به هم راه دارند .

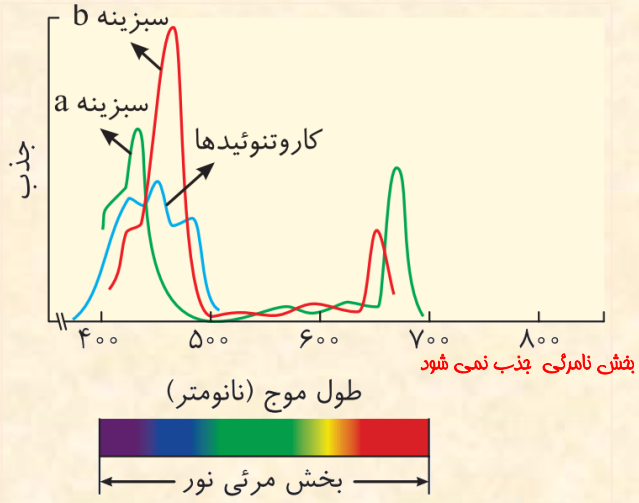
۳) کلروپلاست از پلاست هایی هست که به طور حتم کلروفیل (سبزینه) و کاروتنوئید دارد اما هر پلاستی کلروفیل ندارد مثل کروموپلاست در ریشه هویج که کلروفیل ندارد ولی کاروتنوئید دارد .(هر پلاستی فتوسنتز ندارد مثل کروموپلاست و آمیلوپلاست که فتوسنتز ندارند اما دو غشایی ، و دارای دنای حلقوی و رونویسی و ترجمه هستند) .

۴) پروتئین هایی که ژن آن ها بر روی دنای خطی هسته می باشد، توسط رناتن های آزاد در سیتوپلاسم ساخته شده اند و ژن این پروتئین ها توسط رنا بسپاراز ۲رونویسی شده است.



متن کتاب

رنگیزه های فتوسنتزی در غشای تیلاکوئید قرار دارند. افزون بر سبزینه که بیشترین رنگیزه در سبزدیسه هاست، کاروتنوئیدها نیز درغشای تیلاکوئید وجود دارند. وجود رنگیزه های متفاوت، کارایی گیاه را در استفاده از طول موج های متفاوت نور افزایش می دهد.در گیاهان سبزینه های a و b وجود دارند. بیشترین جذب هر دو نوع سبزینه در محدوده‌های ۴۰۰تا ۵۰۰نانومتر (بنفش ــ آبی) و ۶۰۰ تا ۷۰۰نانومتر (نارنجی ــ قرمز) است. گرچه حداکثر جذب آنها در هر یک از این محدوده ها با هم فرق می کند.کاروتنوئیدها به رنگ های زرد، نارنجی و قرمز دیده می شوند و بیشترین جذب آنها در بخش آبی و سبز نور مرئی است .



«طیف جذبی رنگیزه‌های فتوسنتزی»

نکته ها

۱) توجه کنیدسبزینه به رنگ سبز دیده می شود علت آن این است که کلروفیل ها نور سبز را جذب نمی کنند بلکه آن را منعکس می کنند.

۲) برحسب شرایط محیطی مختلف مثل کاهش طول روز و کم شدن نور در پاییز سبزینه برگ ها میتوانند تجزیه شوند و به کاروتنوئیدها تبدیل شوند.

۳) دقت کنید در هر دیسه که کلروفیل دارد کاروتنوئید هم دارد اما در رنگ دیسه (ریشه هویج) کاروتنوئید وجود دارد ولی کلروفیل ندارد . (کاروتنوئید موجود در رنگ دیسه و آنتوسیانین موجود در کریچه ها ترکیبات رنگی هستند نه رنگیزه)

٤) در طول موج های بین ٤٠٠ تا ٥٠٠نانومتر سبزینهa قبل از سبزینهb به قله و حداکثر جذب می رسد، اما در طول موج های بین ٦٠٠تا ٧٠٠سبزینه bقبل از سبزینه aبه حداکثر می رسد.(به عبارت دیگر کلروفیلa در طول موج کمتری از کلروفیل b به اوج جذب خود می رسد .)

٥) در طول موج های بین ٤٠٠ تا ٥٠٠نانومتر بیشترین جذب متعلق به سبزینهb سپس سبزینهa و سپس کاروتنوئید است اما در طول موج های بین ٦٠٠تا ٧٠٠نانومتر بیشترین جذب مربوط به سبزینه a و سپس سبزینه bاست.(یا اینکه حداکثر جذب کلروفیل b از حداکثر جذب کلروفیل a بیشتر است و کلروفیل a از کاروتنوئید بیشتر است .)

٦) دقت کنید در همه دیسه ها (سبزدیسه ، نشادیسه و رنگ دیسه) دنای حلقوی داریم اما فتوسنتز فقط در ..... .

۷) هر دو رنگیزه یعنی کلروفیل و کاروتنوئید ، نور آبی را جذب می کنند .

متن کتاب

فتوسیستم: سامانه تبدیل انرژی

رنگیزه های فتوسنتزی همراه با انواعی پروتئین در سامانه هایی به نام فتوسیستم ۱و ۲قرار دارند. هرفتوسیستم شامل آنتن های گیرنده نور و یک مرکز واکنش است. هر آنتن که از رنگیزه های متفاوت (کلروفیل ها و کاروتنوئیدها) و انواعی پروتئین ساخته شده است، انرژی نور را می گیرد و به مرکز واکنش منتقل می کند. مرکز واکنش، شامل مولکول های کلروفیلa است که در بستری پروتئینی قرار دارند .حداکثر جذب سبزینهa در مرکز واکنش فتوسیستم ۱ ، در طول موج ۷۰۰نانومتر و حداکثر جذب آن در فتوسیستم ۲ ، در طول موج ۶۸۰نانومتر است. بر همین اساس، به سبزینهa در فتوسیستم ۱ ، P700و در فتوسیستم ۲ ،p680 می گویند .فتوسیستم ها در غشای تیلاکوئید قرار دارند و با مولکول هایی به نام ناقل الکترون به هم مرتبط می شوند. این مولکول ها می توانند الکترون بگیرند یا اینکه الکترون از دست بدهند (کاهش و اکسایش).

در هر فتوسیستم، می تواند چندین آنتن گیرنده ی نور، وجود داشته باشد ولی در هر فتوسیستم، فقط یک مرکز واکنش (نه مراکز) وجود دارد چون هر فتوسیستم فقط یک مرکز واکنش دارد .

نکته ها

۱) در ساختار آنتن ها هم کاروتنوئید و هم سبزینه هاa و b به کار رفته است اما در ساختار مرکز واکنش فقط یک نوع رنگیزه یعنی سبزینهa به کار رفته است! ولی پروتئین هم در آنتن ها و هم در مرکز واکنش وجود دارد

۲) دقت کنید P680 و P700 نام فتوسیستم ها نیستند بلکه کلروفیل a هستند .

۳) توجه کنید در مرکز واکنش سبزینه b و کاروتنوئید وجود ندارند ولی در آنتن وجود دارند . اما پروتئین در آنتن و مرکز واکنش وجود دارند .

٤)رنگیزه های متفاوت واقع در آنتن ها (نه در مرکز واکنش) کارایی گیاه را در استفاده از طول موج های متفاوت نور افزایش می دهد.

۵) در یوکاریوت های فتوسنتز کننده مانند (.....) ، فتوسیستم ها و رنگیزه ها (که در فتوسیستم ها قرار دارند) در غشای تیلاکوئید قرار دارند نه غشاهای کلروپلاست . ولی در باکتری های فتوسنتز کننده رنگیزه ها در غشای پلاسمایی یاخته قرار دارند .

یاد داشت ها

.....

.....

.....

.....

.....

.....

عبدالعزیز بلوچ

فعالیت ها

فعالیت ۱

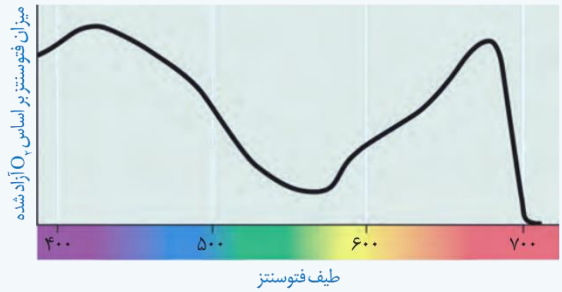
گفت‌وگو کنید

سبزینه همان طور که از نامش پیداست، به رنگ سبز دیده می شود. با توجه به آنچه در سال گذشته درباره بینایی آموختید، توضیح دهید این رنگیزه چرا به رنگ سبز دیده می شود؟ دلیل سبز دیدن ، مقدار زیاد سبزینه آنهاست که رنگ سبز را جذب نمی کنند بلکه آن را منعکس می کنند .

فعالیت ۲

ارائه دلیل

نمودار زیر میزان فتوسنتز یک گیاه را نشان میدهد. این نمودار را با نمودار شکل ۳مقایسه کنید و نتایجی را که از آن به دست می آورید، بنویسید؟



با توجه به نمودار بیشترین جذب سبزینه ها در محدوده های ٤٠٠تا ٥٠٠نانومتر (بنفش و آبی) و ٦٠٠ تا ٧٠٠ نانومتر(نارنجی و قرمز) است. که در همین محدوده بیش ترین فتوسنتز را داریم .

فعالیت ۳

گفت‌وگو کنید

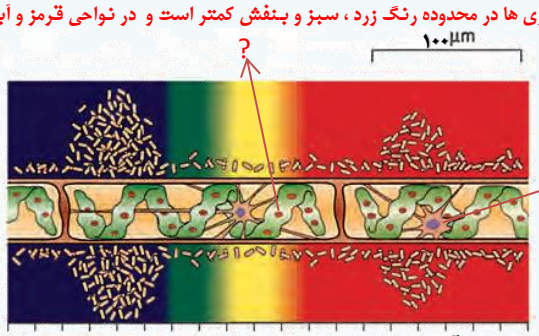
آیا همه طول موج های نور مرئی به یک اندازه در فتوسنتز نقش دارند؟ (خیر)می توان با استفاده از اسپیروژیر (جلبک سبز رشته ای)، نوعی باکتری هوازی، چشمه نور و منشور ـ برای تجزیه نور ـ آزمایشی را برای پاسخ به این پرسش انجام داد.

اسپیروژیر سبزدیسه های نواری و دراز دارد (شکل الف.) اگر همه طول موج های نور به یک اندازه در فتوسنتز مؤثرباشند، انتظار داریم که تراکم اکسیژن در اطراف جلبک رشته ای یکسان باشد.

در آزمایشی که برای بررسی این فرض انجام شد، جلبک را روی سطحی ثابت کردند و درون لوله آزمایشی شامل آب و باکتریهای هوازی قرار دادند. لوله آزمایش در برابر نوری قرار گرفت که از منشور عبور کرده و به طیف های متفاوت تجزیه شده بود. بعد از گذشت مدتی، مشاهده شد که باکتری ها در بعضی قسمتها تجمع یافته اند (شکل ب.)

الف) چه توضیحی برای این مشاهده دارید؟ با چه آزمایشی میتوانید درستی این توضیح را بررسی کنید؟ محدوده ایی که رنگیزه ها بیش ترین جذب را دارند در آن محدوده فتوسنتز نیز بیش تر است پس تولید o2 نیز بیشتر است و همچنین تجمع باکتری های هوازی نیز در آن محدوده بیشتر می شود چون در طول اسپیروژیر تجمع باکتری ها یکسان نیست پس همه طول موج ها به یک اندازه در فتوسنتز نقش ندارند.

ب) آیا از این آزمایش میتوان نتیجه گرفت که سبزینه، رنگیزه اصلی در فتوسنتز است؟ پاسخ خود را توضیح دهید بله چون تجمع باکتری ها در محدوده ایی است که کلروفیل ها حداکثر جذب نوری را دارند .(تجمع باکتری ها در محدوده رنگ زرد ، سبز و بنفش کمتر است و در نواحی قرمز و آبی بیشتر است)



ب) ترسیمی از نتیجه آزمایش

الف)اسپیروژیر

گفتار ۲

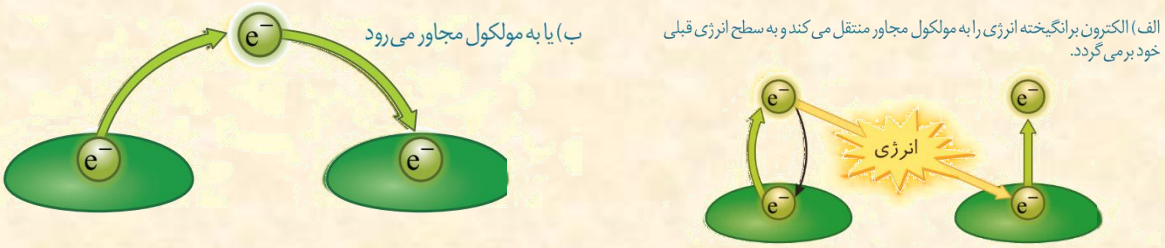
واکنش های فتوسنتزی

واکنش های فتوسنتزی را در دو گروه واکنش های وابسته به نور و مستقل از نور قرار می دهند. در ادامه به معرفی این دو نوع واکنش می پردازیم

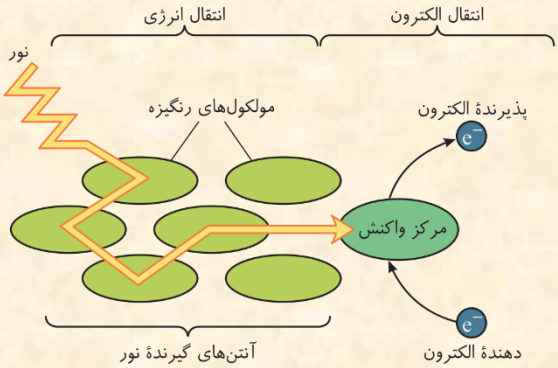
متن کتاب

واکنش های وابسته به نور: واکنش های تیلاکوئیدی

وقتی نور به مولکول های رنگیزه می تابد، الکترون انرژی می گیرد و ممکن است از مدار خود خارج شود. به چنین الکترونی، الکترون برانگیخته می گویند، زیرا پرانرژی و از مدار خود خارج شده است. الکترون برانگیخته ممکن است با انتقال انرژی به مولکول رنگیزه بعدی، به مدار خود برگردد یا از رنگیزه خارج و به وسیله رنگیزه یا مولکولی دیگر گرفته شود (شکل زیر)



درفتوسنتز انرژی الکترون های برانگیخته در رنگیزه های موجود در آن تنها از رنگیزه ایی به رنگیزه دیگر منتقل و در نهایت، به مرکز واکنش می رود و در آنجا سبب ایجاد الکترون برانگیخته در سبزینه a و خروج الکترون از آن می شود . (شکل مقابل)



نکته ها

۱) آنتن ها گیرنده نور فقط انرژی (نه الکترون) را انتقال می دهند و در نهایت این انرژی توسط دو کلروفیل مرکز واکنش دریافت می شود و باعث برانگیخته شدن الکترون در مرکز واکنش می شود که اگر انرژی کافی داشته باشد از مرکز واکنش خارج می شود و به زنجیره انتقال الکترون وارد می شود . (پس الکترون های زنجیره از آنتن ها نیستند)

۲) ممکن است همه آنتن ها در انتقال انرژی به مرکز واکنش شرکت نکنند . ولی همه می توانند نور خورشید را جذب کنند .

۳) توجه کنید در مرکز واکنش فقط یک نوع کلروفیل وجود دارد (کلروفیل a) و کاروتنوئید و کلروفیل b ندارد .

عبدالعزیز بلوچ

متن کتاب

الکترون برانگیخته از فتوسیستم ۲بعد از عبور از زنجیره انتقال الکترون به مرکز واکنش در فتوسیستم ۱می رود. همچنین، الکترون برانگیخته از فتوسیستم ۱در نهایت به مولکول $NADP^+$ می رسد.(شکل زیر)

پس فتوسیستم ها جز زنجیره انتقال الکترون نیستند

دو نوع زنجیره انتقال الکترون در غشای تیلاکوئید وجود دارد. یک زنجیره بین فتوسیستم ۲و فتوسیستم ۱و دیگری بین فتوسیستم ۱و $NADP^+$ قراردارد. $NADP^+$ با گرفتن دو الکترون، بار منفی پیدا می کند و با ایجاد پیوند با پروتون به مولکول NADPHتبدیل می شود.

$$NADP^+ + ۲e^- + ۲H^+ \longrightarrow NADPH + H^+$$

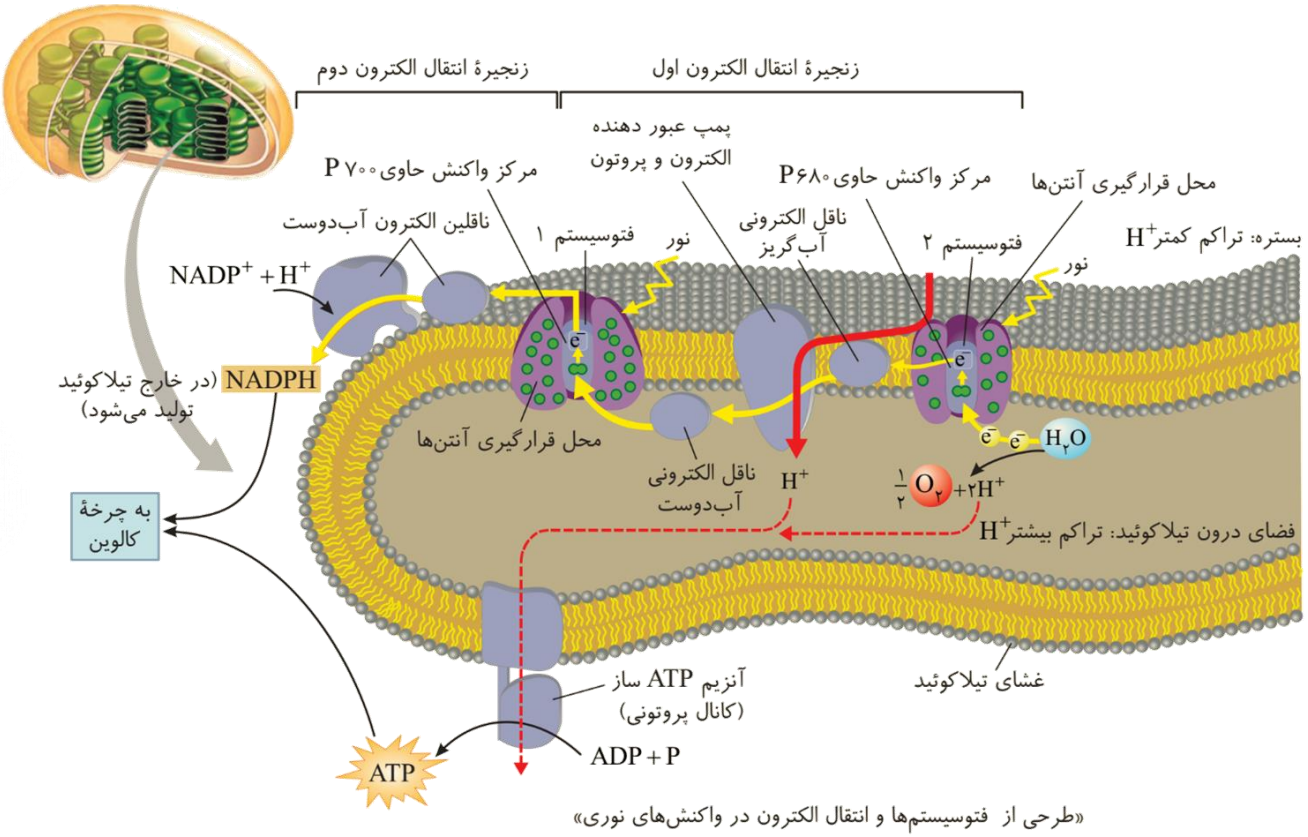
با توجه به شکل زیردرمی یابیم الکترونی که از سبزینهa در مرکز واکنش فتوسیستم ۲می آید، کمبود الکترون سبزینه aدر فتوسیستم ۱را جبران می کند، اما کمبود الکترون سبزینه aدر فتوسیستم ۲چگونه جبران می شود؟

تجزیه نوری آب: به شکل زیر نگاه کنید در این شکل می بینید، مولکول های آب تجزیه می شوند و الکترون های حاصل از آن به فتوسیستم ۲می روند. تجزیه آب به علت فرایندهایی است که به اثر نور مربوط می شود. بنابراین به آن، تجزیه نوری آب می گویند.

تجزیه نوری آب در فتوسیستم ۲و در سطح داخلی تیلاکوئید انجام می شود.حاصل تجزیه آب در فتوسیستم ۲،الکترون، پروتون و اکسیژن است .

$$H_۲O \longrightarrow ۲H^+ + \frac{۱}{۲} O_۲ + ۲e^-$$

الکترون ها، کمبود الکترونی سبزینهa در مرکز واکنش فتوسیستم ۲را جبران می کنند و پروتونها در فضای درون تیلاکوئیدها تجمع می یابند.



«طرحی از فتوسیستم‌ها و انتقال الکترون در واکنش‌های نوری»

متن کتاب

ساخته شدن ATP در فتوسنتز

یکی از اجزای زنجیره انتقال الکترون که بین فتوسیستم ۲و ۱قرار دارد، پروتئینی است که یون های H^+ را از بستره به فضای درون تیلاکوئیدها پمپ می کند. بنابراین، با گذشت زمان تعدادی پروتون از بستره به فضای درون تیلاکوئید وارد می شود. همچنین دانستیم که تعدای پروتون از تجزیه آب، درون فضای تیلاکوئید به وجود می آید. درنتیجه، به تدریج بر تراکم پروتون ها در فضای درون تیلاکوئیدها نسبت به بستره افزوده می شود. پروتونها بر اساس شیب غلظت خود می خواهند از فضای درون تیلاکوئید به بستره بروند، اما نمی توانند از طریق انتشار از غشای تیلاکوئید عبور کنند. پس، پروتونها از چه راهی به بستره می روند؟ در غشای تیلاکوئید مجموعه ای پروتئینی به نام آنزیم ATP ساز وجود دارد. این آنزیم مشابه آنزیمATP ساز در راکیزه است. پروتونها فقط از طریق این آنزیم می توانند به بستره منتشر شوند. همانند آنچه در راکیزه رخ می دهد، همراه با عبور پروتونها از این آنزیم، ATPساخته می شود. به ساخته شدنATP در واکنش های نوری، ساخته شدن نوریATP می گویند، زیرا حاصل فرایندی است که با نور به راه می افتد.

واکنش های تیلاکوئیدی

واکنش ها وابسته به نور

۱) در ابتدا پرتو های خورشید باعث برانگیخته شدن الکترون رنگیزه ها ، در آنتن های هر دو فتوسیستم می شود که انرژی این الکترون ها به مرکز هر فتوسیستم انتقال می شود و در آنجا باعث پر انگیخته شدن الکترون کلروفیل a می شود چون هر مرکز دو کلروفیل دارد بنابراین از مرکز هر فتوسیستم دو الکترون خارج می شود و وارد زنجیره انتقال الکترون می شود . (رنگیزه مرکز واکنش از دو منبع انرژی می گیرد نور خورشید و آنتن ها)

۲)الکترون های خارج شده از فتوسیستم ۲ وارد زنجیره اول می شوند که انرژی آنها برای پمپ کردن یون H^+ و در نهایت ساختنATP مورد استفاده قرار می گیرد و مهم تر اینکه در نهایت این الکترون ها به مرکز واکنش فتوسیستم ۱ وارد می شوند و کمبود الکترونی آن را جبران می کنند و الکترون های خارج شده از فتوسیستم ۱ وارد زنجیره دوم می شوند ودر نهایت به گیرنده الکترونی به نام $NADP^+$ می رسند .

البته کمبود الکترونی فتوسیستم ۲ نیز از طریق تجزیه نوری آب که در داخل تیلاکوئید رخ می دهد تامین می شود .و با تجزیه نوری آب مولکول O_2 تولید می شود .

$$۶CO_۲ + ۶H_۲O \xrightarrow[\text{رنگیزه}]{\text{نور خورشید}} C_۶H_{۱۲}O_۶ + ۶O_۲$$

واکنش تیلاکوئیدی

NADPH

ATP

نکته های بحث واکنش های تیلاکوئیدی

۱) در غشای تیلاکوئید (نه کلروپلاست) فتوسیستم ها و اجزای هر زنجیره انتقال الکترون می توانند الکترون بگیرند و از دست بدهند یعنی هم اکسایش می یابند و هم کاهش . (البته سبزینه ابتدا اکسایش و سپس کاهش اما اجزای زنجیره ابتدا کاهش و سپس اکسایش می یابند .)

۲) الکترون های خارج شده از فتوسیستم ۱ ، از پمپ هیدروژن عبور نمی کنند و نقشی در ورود یون های H^+ به درون تیلاکوئید و همچنین تولید ATP ندارند.

۳) فعالیت پمپ هیدروژنی در زنجیره اول و تجزیه نوری آب باعث افزایش تراکم H^+ در درون تیلاکوئید و کاهش PH می شوند و فعالیت آنزیم ATP ساز باعث کاهش تراکم H^+ در درون تیلاکوئید می شوند . (البته با فعالیت آنزیم ATP ساز تراکم H^+ در درون بستره بیشتر می شود و باعث کاهش PH درون بستره می شود .

٤) می توان گفت فعالیت زنجیره انتقال الکترون در غشای تیلاکوئید باعث تجزیه مولکول آب و فعالیت زنجیره در میتوکندری باعث تشکیل آب می شود .

٥) انرژی لازم برای تجزیه آب در تیلاکوئید از خورشید تامین می شود نه ATP و با تجزیه آب محیط درون تیلاکوئید غلیظ می شود و فشار اسمزی آن افزایش می یابد .

٦) می توان گفت در یاخته های فتوسنتزکننده سه نوع زنجیره انتقال الکترون وجود دارد که عبارتند از ..... .

۷) هر دو زنجیرهٔ الکترون را مستقیما از کلروفیلa دریافت میکنند اما توجه داشته باشید که یکی از این زنجیره ها الکترون را به کلروفیلa انتقال می دهد اما زنجیرهٔ انتقال الکترون دوم، الکترون را به $NADP^+$ انتقال می دهد. (یعنی گیرنده نهایی الکترون ها در هر زنجیره هستند)

۸) زنجیره اول برخلاف زنجیره دوم : ۱) در دو سمت خود فتوسیستم دارد . ۲) دارای پمپ غشایی است . ۳) الکترون های آن از درون تیلاکوئید عبور می کنند. (پس الکترون خروجی از فتوسیستم ۲ از درون تیلاکوئید عبور نمی کنند)

۹) در پی فعالیت هر دو زنجیره : ۱) انرژی در نوعی ترکیب آلی ذخیره می شود . ۲) تراکم H^+ در بستره کاهش می یابد . (پس PH بستره را افزایش می دهند)

۱۰) پس می توان گفت الکترون p700 از ..... پمپ غشایی و الکترون p680 از ..... پمپ غشایی عبور می کنند .

۱۱) در غشای تیلاکوئید در اثر فرایند فتوسنتز می توان چهار روش عبور مواد را مشاهده کرد : ۱) انتشار ساده ۲) انتشار تسهیل شده ۳) انتقال فعال ٤) اسمز.
خروج اکسیژن از تیلاکوئید
ورود آب به تیلاکوئید

۱۲) در درون تیلاکوئید همواره تراکم H^+ بیشتر است پس فضای درون تیلاکوئید اسیدی است پس نتیجه می گیریم آنزیم تجزیه کننده آب که در مجاورت فتوسیستم ۲ قرا دارد در محیط اسیدی فعالیت می کند .

۱۳) زنجیره ایی که باعث کاهش P700 می شود دارای پمپ هیدروژنی و زنجیره ایی که باعث اکسایش P700 می شود الکترون ها را فقط در سطح غشای بیرونی منتقل می کند .

۱٤) هر چه فعالیت زنجیره اول بیشتر باشد : تراکم غلظت H^+ درون تیلاکوئید بیشتر، مقدار PH کمتر، مقدار O2 بیشتر ،فعالیت آنزیم ATP ساز بیشتر، تولید ATP و NADPH در بستره بیشتر می شود .

از انرژی به ماده
عبدالعزیز بلوچ

ادامه نکته های بحث واکنش های تیلاکوئیدی

۱۵) هر پروتئینی که در غشای تیلاکوئید H^+ را عبور می دهد منظور پمپ غشایی و آنزیم ATP ساز هستند که هر دو سراسری هستند و در تولید ATP نقش دارند .

۱۶) در بستره کلروپلاست تولید ATP و NADPH ، تثبیت CO_2 و فعالیت روبیسکو، ریبوزوم و دنای حلقوی ، همانند سازی و رونویسی داریم . که در این فضا هرگز تولید O_2 یا تجزیه نوری آب نداریم .

۱۷) توجه داشته باشید NADPH در زنجیره انتقال الکترون احیا می شود ولی NADH در زنجیره انتقال الکترون اکسایش می یابد .

۱۸) می توان گفت غلظت H^+ درون تیلاکوئید در روز بیشتر از شب است پس در روز درون تیلاکوئید اسیدی تر است .

۱۹) می توان گفت هر فتوسیستمی در ورود یون هیدروژن به تیلاکوئید موثر است . یعنی اگر فتوسیستم ۱ از کار بیفتد دیگر ...

۲۰) در جانداران فتوسنتز کننده یوکاریوتی مثل گیاهان و آغازیان (اسپیروژیر و اوگلنا) هر یاخته فتوسنتز کننده، میتوکندری هم دارد پس اکسیژن تولید شده باعبور از ۵ غشا (غشای تیلاکوئید - ۲ غشای کلروپلاست و ۲ غشای میتوکندری)یا ..... لایه فسفولیپیدی به میتوکندری می رود و نقش آخرین پذیرنده الکترون را بازی می کند یا اینکه با عبور از ٤ غشا (غشای تیلاکوئید – ۲ غشای کلروپلاست و غشای سلول) ازسلول خارج می شود .

۲۱) نمی توان گفت در گیاهان ، در هر اندامکی که پروتئین سازی در مجاورت دنای حلقوی آن انجام می شود می تواند پروتون ها را از مجموعه پروتئینی آنزیم ATP ساز عبور دهد چون در پلاست های غیر از کلروپلاست آنزیم ATP ساز یا فتوسنتز وجود ندارد .

۲۲) نمی توان گفت در هر فتوسنتز کننده O_2 در درون تیلاکوئید تولید می شود (مثل سیانوباکتری ها) و همچنین نمی توان گفت در هر فتوسنتز کننده ایی منبع الکترون اولیه آب است (مثل باکتری های گوگردی) .

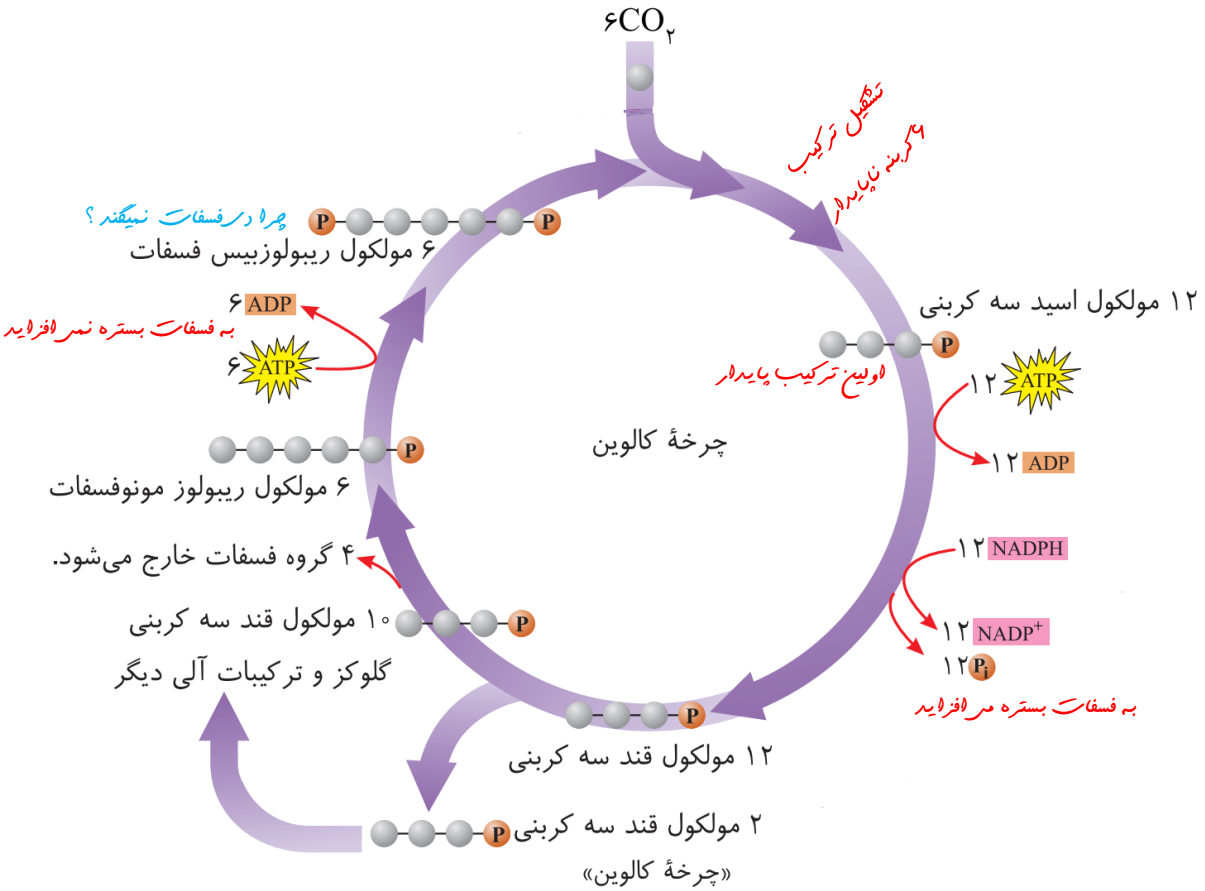
۲۳) در واکنش های تیلاکوئیدی گیرنده نهایی الکترون یک ترکیب آلی ($NADP^+$) است و همچنین در می توان گفت در واکنش های تیلاکوئیدی آب تولید و مصرف می شود . (تولید آب در بستره به همراه ساختن ATP رخ می دهد .)

عبدالعزیز بلوچ

متن کتاب

واکنش های مستقل از نور: واکنش های تثبیت کربن

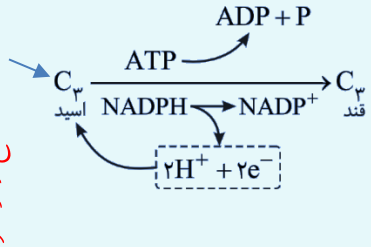
می دانیم که در فتوسنتز، مولکولهایCO_2 به قند تبدیل می شوند. ساخته شدن این مولکول همانند تجزیه آن به **یکباره** رخ نمی دهد. عدد اکسایش اتم کربن در مولکول قند، نسبت به کربن در CO_2 ، کاهش یافته است، بنابراین گیاه برای ساختن قند، به انرژی و منبعی برای تأمین الکترون نیاز دارد که از واکنش های وابسته به نور تأمین می شوند. ساخته شدن قند در چرخه ای از واکنش ها، به نام چرخه کالوین رخ می دهد (شکل زیر). این واکنش ها در **بستره سبزدیسه** انجام می شوند. در چرخه کالوینCO_2 با قندی پنج کربنی به نام ریبولوزبیس فسفات ترکیب و مولکول شش کربنی ناپایداری تشکیل می شود. افزوده شدن CO_2به مولکول پنج کربنی، با آنزیم روبیسکو (ریبولوزبیس فسفات کربوکسیلاز ــ اکسیژناز) و فعالیت کربوکسیلازی آن (تشکیل گروه کربوکسیل) انجام می شود. هر مولکول شش کربنی که ناپایدار است، بلافاصله تجزیه و دو مولکول اسید سه کربنی ایجاد می کند. این مولکول ها در نهایت به قندهای سه کربنی تبدیل می شوند. همانطور که در شکل زیر می بینید، تعدادی از این قندها برای ساخته شدن گلوکز و ترکیبات آلی دیگر و تعدادی نیز برای بازسازی ریبولوزبیس فسفات به مصرف می رسند. گرچه واکنش های کالوین مستقل از نور انجام می شوند، اما انجام این واکنش ها وابسته به ATP و NADPHحاصل از واکنش های نوری است. در چرخه کالوین دیدیم کهCO_2 برای ساخته شدن ترکیب آلی به کار می رود. به فرایند استفاده از CO_2برای تشکیل ترکیب های آلی تثبیت کربن می گویند. دیدیم اولین ماده آلی پایدار ساخته شده، ترکیبی سه کربنی است؛ به همین علت به گیاهانی که تثبیت کربن در آنها فقط با چرخه کالوین انجام می شود، گیاهان C3 می گویند. اکثر گیاهان C3 هستند؛ گرچه انواع دیگری از تثبیت کربن در طول حیات گیاهان روی زمین نیز شکل گرفته است که در گفتار بعد به آنها می پردازیم.



واکنش های تثبیت کربن

واکنش های مستقل از نور

قبل از هرچیز بهتر است بدانیم که چرخه کالوین در بستره و در روز انجام می شود(نه شب) و غیر مستقیم به نور خوشید نیاز دارد. ومورد دیگری که مهمه این هست که عدد اکسایش کربن در گلوکز کمتر از co2 هست پس برای اینکه co2 به گلوکز تبدیل بشه باید الکترون بگیره و کاهش یابد و این اتفاق زمانی می افتد که اسید سه کربنی به قند سه کربنی تبدیل میشه یعنی به صورت زیر :



و مطلب دیگر اینکه ایجاد پیوند بین عنصرها در هنگام ساخت گلوکز از co2 به انرژی نیاز دارد که این انرژی از مولکول های ATP و NADPH تامین می شود .

اگر به چرخه کالوین دقت کنید می بینید که برای ساختن یک گلوکز (یا دو قند سه کربنه) ، ۶ عدد CO2 مصرف می شود یا به عبارت دیگر این چرخه ۶ بار انجام می شود یعنی برای هرانجام هر بار چرخه کالوین، یک CO2 ، ۳ عدد ATP ، ۲عدد NADPH مصرف می شود(اینا در کالوین هرگز تولید نمی شند فقط مصرف میشند) و یک عدد ریبولوز بیس فسفات تولید و مصرف می شود . وبد نیست بدانیم که چرخه کالوین برخلاف کربس انرژی خواه است و این مصرف انرژی در کالوین در دو مرحله انجام می شود .

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{رنگیزه}]{\text{نور خورشید}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

تثبیت کربن (کالوین)

$NADP^+$

ADP

یاد داشت ها

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

از انرژی به ماده
عبدالعزیز بلوچ

نکته ها

۱) در چرخه کالوین برخلاف کربس مولکول حامل الکترون تولید می شود و همچنین در کالوین همانند گلیکولیز در هر مرحله ترکیب فسفات دار مصرف می شود .(در مرحله اول گلیکولیز و کالوین ترکیب ٦کربنه دو فسفاته تولید می شود)

۲) $NADP^+$ ، ADP و فسفاتی که در کالوین و در مرحله تبدیل اسید سه کربنه به قند سه کربنه تولید می شوند در واکنش های تیلاکوئیدی به مصرف می رسند .

۳) نمی توان گفت در هر فتوسنتز کننده ایی : الف) چرخه کالوین در بستره کلروپلاست انجام می شود (مثل سیانوباکتری) ب) فقط از طریق کالوین تثبیت کربن انجام می دهند (مثل گیاهان C_4) ج) منبع تامین الکترون آب است (مثل باکتری گوگردی)

٤) در چرخهٔ کالوین هر جا که NADPH مصرف می شود، ATP نیز مصرف می شود اما نمی توان گفت هر جا که ATPمصرف می شود NADPHنیز مصرف می شود. و همچنین در چرخهٔ کالوین هر جاکه ATP مصرف می شود نوعی قند به وجود می آید اما نمی توان گفت در هربخش از چرخهٔ کالوین که قند تولید می شود، ATPنیز مصرف می شود .مثلا تبدیل قندهای سه کربنه یک فسفاته به قندهای پنج کربنه یک فسفاته بدون مصرف ATPاست.

٥) در چرخهٔ کالوین در هر مرحله ای کهNADPH مصرف می شود: الف) نوعی اسید سه کربنه احیاء می شود یا اولین ترکیب پایدار به مصرف می رسد . ب)الکترونهای NADPHبه اسید سه کربنه انتقال می یابد.

٦) آنزیم روبیسکو دارای دو جایگاه فعال هست که یکی برای ریبولوز بیس فسفات و یکی برای CO2 یا O2 .

۷) در چرخهٔ کالوین در هر مرحله ای کهNADPH مصرف می شود: الف) نوعی اسید سه کربنه احیاء می شود یا اولین ترکیب پایدار به مصرف می رسد . ب)الکترونهای NADPHبه اسید سه کربنه انتقال می یابد.

۸) در کالوین تعداد کمتری از قندها صرف ساخته شدن مواد آلی می شوند و تعداد بیشتری از این قندهای سه کربنه، صرف بازسازی ریبولوزبیس فسفات می شوند.

عبدالعزیز بلوچ

متن کتاب

اثر محیط بر فتوسنتز

بدیهی است فرایندی مانند فتوسنتز تحت تأثیر محیط باشد. به نظر شما چه عوامل محیطی بر فتوسنتز اثر می گذارند؟

با توجه به واکنش کلی فتوسنتز، انتظار داریم نور و CO_2 از عوامل مؤثر بر فتوسنتز باشند. مشاهدات نشان می دهد، میزان CO_2 ، طول موج، شدت و مدت زمان تابش نور بر فتوسنتز اثر می گذارند. از طرفی فتوسنتز فرایندی آنزیمی است و میدانیم بیشترین فعالیت آنزیم ها در گستره دمایی خاص انجام می شود، بنابراین دما نیز بر فتوسنتز اثر می گذارد. همچنین خواهیم دید که میزان اکسیژن نیز بر فتوسنتز اثر دارد.

نکته ها

۱) **توجه کنید عواملی مثل سطح برگ ، تنوع رنگیزه ها و تعداد روزنه ها نیز بر فتوسنتز اثر می گذارند اما عوامل محیطی موثر بر فتوسنتز عبارتند از : میزان co2 ، میزان o2 ، دما ، شدت و مدت زمان تابش نور و طول موج**

۲) **افزایش میزان co2 تا حد معینی باعث افزایش فتوسنتز می شود . و از طرف کاهش میزان اکسیژن باعث افزایش شدت فتوسنتز می شود .**

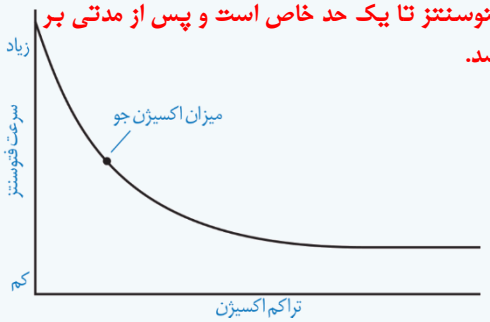
۳) **افزایش شدت نور باعث افزایش میزان فتوسنتز می شود البته تا زمانی که تمام رنگیزه ها مورد استفاده قرار بگیرند . (باید توجه کرد که نور بسیار شدید باعث بسته شدن روزنه ها و کاهش ورود co2 به برگ و کاهش فتوسنتز و در نتیجه افزایش تنفس نوری می شود .)**

٤) **افزایش دما نیز موجب افزایش فتوسنتز می شود ولی اگر از یک حدخاصی بیشتر شود باعث غیرفعال شدن آنزیم ها و کاهش شدت فتوسنتز می شود .(باید توجه کرد که دمای شدید باعث بسته شدن روزنه ها و در نتیجه کاهش ورود co2 به برگ و کاهش میزان فتوسنتز و افزایش تنفس نوری می شود)**

۵) **می توان گفت که پیک های شیمیایی مثل آبسزیک اسید نیز بابستن روزنه ها بر میزان فتوسنتز تاثیر می گذارند .**

فعالیت ۴ تفسیر کنید

در گفتار بعد خواهیم دید که میزان اکسیژن نیز بر فتوسنتز اثر دارد. نمودار مقابل تأثیر میزان اکسیژن بر میزان فتوسنتز گیاهی C_3 را نشان می دهد. با توجه به نمودار، ارتباط بین میزان اکسیژن و فتوسنتز این گیاه را توضیح دهید؟ هر چقدر تراکم اکسیژن جو بیشتر شود و افزایش یابد، میزان فتوسنتز کاهش می یابد! البته این کاهش میزان فتوسنتز تا یک حد خاص است و پس از مدتی بر روی یک مقدار، ثابت می ماند و هیچ گاه میزان فتوسنتز به صفر نمی رسد.

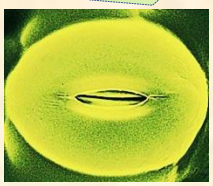


از انرژی به ماده
عبدالعزیز بلوچ

گفتار ۳

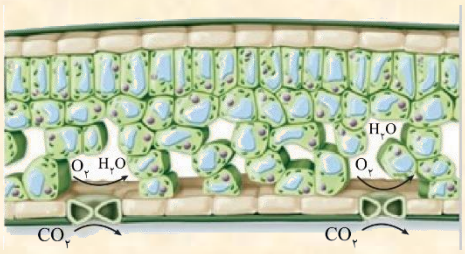
فتوسنتز در شرایط دشوار

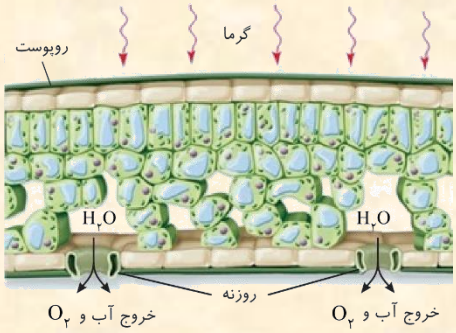
متن کتاب



شکل مقابل روزنه را در دو حالت باز و بسته نشان می دهد. چه عواملی سبب بسته شدن روزنه می شود؟ به یاد دارید که افزایش بیش از حد دما و نور سبب بسته شدن روزنه ها می شود. بسته شدن روزنه ها چه تأثیری می تواند بر فتوسنتز داشته باشد؟

در چنین شرایطی وقتی روزنه ها به منظور کاهش تعرق بسته می شوند، تبادل گازهای اکسیژن و کربن دی اکسید از روزنه ها نیز توقف می یابد، اما فتوسنتز همچنان ادامه دارد. بنابراین در حالی که co2 برگ کم می شود، اکسیژن در آن افزایش می یابد. (شکل زیر)





در چنین حالتی، وضعیت برای نقش اکسیژنازی آنزیم روبیسکو مساعد می شود؛ زیرا نقش کربوکسیلازی یا اکسیژنازی این آنزیم به نسبتCO2 و اکسیژن در محیط عملکرد آن ارتباط دارد. بنابراین با افزایش اکسیژن در برگ، اکسیژن با ریبولوزبیس فسفات ترکیب می شود. مولکول حاصل، ناپایدار است و به دو مولکول سه کربنی و دو کربنی تجزیه می شود. مولکول سه کربنی به مصرف بازسازی ریبولوزبیس فسفات می رسد. مولکول دو کربنی از کلروپلاست خارج و در واکنش هایی که بخشی از آنها در راکیزه انجام می گیرد، از آن مولکولCO2 آزاد می شود. چون این فرایند با مصرف اکسیژن، آزاد شدنCO2 و همراه با فتوسنتز است، تنفس نوری نامیده می شود.

در تنفس نوری گرچه ماده آلی تجزیه می شود، اما برخلاف تنفس یاخته ای، ATPاز آن ایجادنمی شود. بنابراین تنفس نوری باعث کاهش فراورده های فتوسنتز می شود.

۱) در شرایط نامساعد محیطی (مثل افزایش بیش از حد دما ونور)، گیاه با ترشح هورمون آبسزیک اسید باعث بسته شدن روزنه های هوایی می شود تا تعرق را کاهش دهد. و باز شدن روزنه ها هم نیز با تابش نور انجام می شود به این صورت که نور باعث تجمع ساکارز و یون های CL^- و k^+ در سلول نگهبان می شود در نتیجه فشار اسمزی آن افزایش می یابد و آب را جذب می کند و در پی آن روزنه باز می شود .

(فراموش نکنید افزایش بیش از حد دما ساختار آنزیم ها را تغییر می دهد و مانع هر فعالیت روبیسکو و در نتیجه مرگ گیاه می شود .)

۲) وقتی که روزنه های هوایی بسته می شوند . o2 و H2O از برگ خارج نمی شوند و CO2 نیز وارد برگ نمی شود و با فعالیت اکسیژنازی روبیسکو ترکیب ۵ کربنه ناپایداری بوجود می آید که ترکیب ۲ کربنی حاصل وارد میتوکندری می شود و CO2 تولید می شود و این CO2 می تواند باعث انجام فتوسنتز در حین تنفس نوری می شود .

از انرژی به ماده
عبدالعزیز بلوچ

نکته ها

۱) توجه کنید تنفس نوری : ۱) در یاخته های کلروپلاست دار رخ می دهد. ۲) زمانی که مقدار O2 نسبت به CO2 بیشتر باشد انجام می شود (دما و نور شدید نه شرایط عادی) ۳) بخشی در کلروپلاست و بخشی دیگر در میتوکندری انجام می شود ٤) ATP تولید نمی کند . ٥) ریبولوز بیس فسفات که برای فتوسنتز لازم است را می سوزاند پس باعث کاهش محصولات فتوسنتزی می شود و رشد گیاه را کاهش می دهد .

۲) با بستن روزنه ها ی هوایی ، تعرق متوقف نمی شود بلکه کاهش می یابد چون مقداری تعرق از طریق پوستک و عدسک نیز انجام می شود . (دقت کنید روزنه های آبی همیشه باز هستند و باز و بسته شدن آنها تحت تاثیر این عوامل نیست)

۳) تنفس نوری و تنفس یاخته ای هوازی در مصرف اکسیژن، تولید co2 ، اینکه بخشی از هر دو فرایند در میتوکندری صورت می پذیرد، دارای اشتراک اند. اما تنفس نوری برخلاف تنفس یاخته ایی مخصوص یاخته های فتوسنتز کننده هست ، مصرف ATP ندارد ، فقط در روز انجام می شود و ماده اولیه آن ریبولوز بیس فسفات (٥ کربنه) هست نه گلوکز .

٤) فعالیت اکسیژنازی و کربوکسیلازی روبیسکو همواره در روز انجام می شوند ولی دقت کنید به دنبال فعالیت اکسیزنازی و کربوکسیلازی روبیسکو ترکیب سه کربنه تولید می شود اما تولید ترکیب دو کربنه فقط به دنبال فعالیت اکسیژنازی روبیسکو می باشد .

٥) در یاخته های فتوسنتزکننده گیاهی مصرف O2 در دومکان صورت می گیرد یکی درون کلروپلاست (تنفس نوری) و دیگری در میتوکندری . پس دقت کنید در کلروپلاست اکسیژن هم تولید و هم مصرف می شود (درون تیلاکوئید تولید میشه) و همچنین نمی توان گفت هر اندامکی که مصرف اکسیژن دارد چرخه کربس هم دارد . مثل کلروپلاست

٦) در هر پلاستی (دیسه ایی) تنفس نوری انجام نمی شود چون روبیسکو ندارند بلکه در کلروپلاست انجام می شود پس گیاهانی مثل سس و گل جالیز تنفس نوری و روبیسکو ندارند .

۷) نمی توان گفت هر CO2ای که در راکیزه تولید می شود حاصل فرایند تنفس یاخته ای است ممکن است بر اثر تنفس نوری تولید شود .

۸) در طی تخمیر الکلی نیز همانند تنفس نوری، ترکیب دو کربنی به وجود می آید! اما ترکیب دو کربنه تنفس نوری در بستره کلروپلاست و ترکیب دو کربنه تخمیر الکلی در ماده زمینه ای سیتوپلاسم تولید می شود!

یاد داشت ها

.....

.....

.....

.....

.....

.....

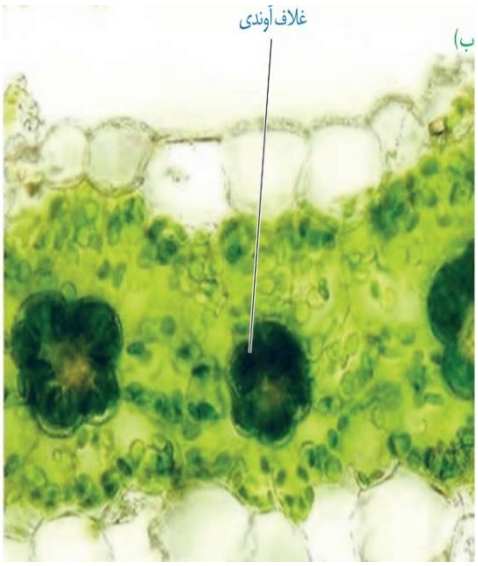
متن کتاب

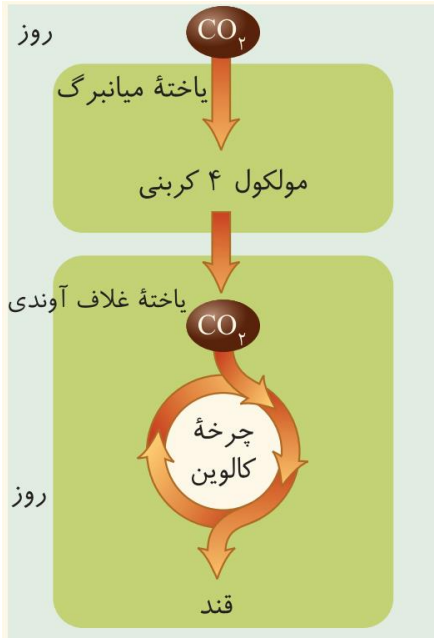
فتوسنتز در گیاهان C4

به هر حال انواعی از گیاهان وجود دارند که در محیط های با دمای بالا و تابش شدید نور خورشید زندگی می کنند. این گیاهان با چه سازوکاری توانسته اند تنفس نوری خود را کاهش دهند؟

یکی از سازوکارها برای ممانعت تنفس نوری، در گیاهانی وجود دارد که به گیاهان C4 معروف اند. **یاخته های غلاف آوندی** در این گیاهان سبزدیسه دارند و محل انجام چرخه کالوین اند، در حالی که در گیاهان C3 ، سبزدیسه ندارند . تثبیت کربن در گیاهان C4 در دو مرحله، ابتدا در یاخته های میانبرگ و سپس در یاخته های غلاف آوندی انجام می شود به این صورت که در این گیاهان CO_2 ،در یاخته های میانبرگ با اسیدی سه کربنی ترکیب و در نتیجه اسیدی چهار کربنی ایجاد می شود. به همین علت به این گیاهان، گیاهان C4 می گویند؛ زیرا اولین ماده پایدار حاصل از تثبیت کربن، **ترکیبی چهار کربنی** است. آنزیمی که در ترکیب CO_2 با اسید سه کربنی و تشکیل اسید چهارکربنی نقش دارد، برخلاف روبیسکو به طور اختصاصی با CO_2 عمل می کند و تمایلی به اکسیژن ندارد.

اسید چهار کربنی از یاخته های میانبرگ از طریق پلاسمودسم ها به یاخته های غلاف آوندی منتقل می شود. در این یاخته ها، مولکول CO_2 از اسید چهار کربنی آزاد و وارد چرخه کالوین می شود. اسید سه کربنی باقیمانده نیز به یاخته های میانبرگ برمی گردد. در گیاهان C4 با وجودعملکرد آنزیم های گوناگون در تثبیت کربن و تقسیم مکانی آن در دو نوع یاخته، میزان CO_2 در محل فعالیت آنزیم روبیسکو، به اندازه ای بالا نگه داشته می شود که بازدارنده تنفس نوری است. بنابراین، تنفس نوری به ندرت در این گیاهان روی می دهد. این گیاهان در دماهای بالا، شدت های زیاد نور و کمبود آب، در حالیکه روزنه ها بسته شده اند تا از تبخیر آب جلوگیری شود، همچنان میزان CO_2 را در محل عملکرد آنزیم روبیسکو بالا نگه می دارند. به همین علت کارایی آنها در چنین شرایطی بیش از گیاهان C3 است .



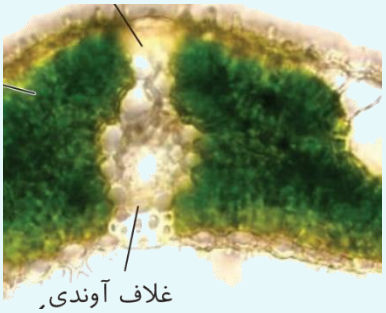


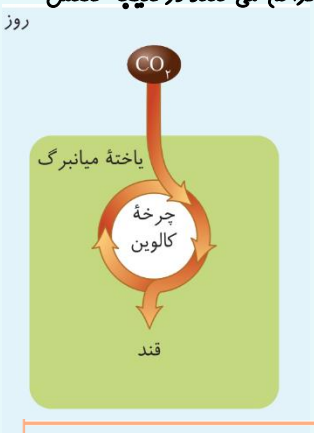
ذرت

از البرزی به مادہ
عبدالعزیز بلوچ

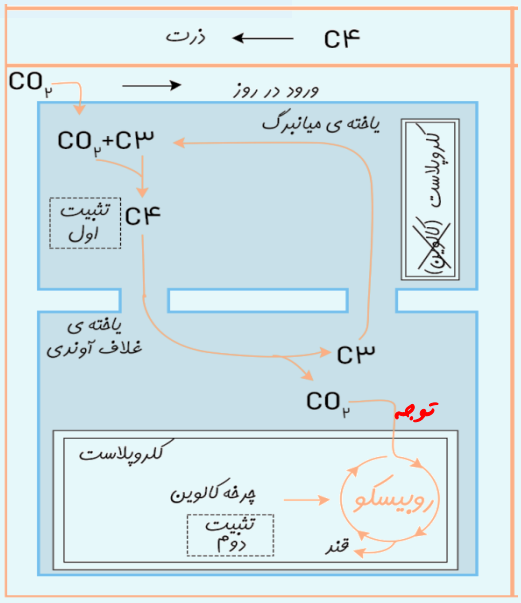
گیاهان C_3 و C_4

گیاهان C_3 که اکثر گیاهان را شامل می شود ، کربن را فقط به کمک روبیسکو و به روش کالوین تثبیت می کنند ، در این گیاهان یاخته های غلاف آوندی سبزینه ندارند و فتوسنتز انجام نمی دهند . جالب است بدانید که این گیاهان در شرایط محیطی مناسب ، روزنه ها را باز می کنند و با انجام فتوسنتز ترکیبات آلی را تولید می کنند و این گیاهان با در اختیار داشتن این ترکیبات آلی خوب رشد می کنند اما در صورتی که شرایط نامساعد شود (نور و دمای شدید) این گیاهان با بستن روزنه ها شرایط را برای فعالیت اکسیژنازی روبیسکو فراهم می کنند در نتیجه تنفس نوری مانع فتوسنتز و کاهش محصولات فتوسنتزی می شود و گیاه رشد مناسبی نخواهد داشت .





گیاهان C_4 ، گیاهانی هستند که کربن را به دو روش تثبیت می کنند که یک روش به کمک روبیسکو و کالوین و روش دیگر به کمک آنزیمی دیگر که فقط با co2 واکنش می دهد و اسید چهار کربنی می سازد. در این گیاهان غلاف آوندی سبزینه دارند و کالوین در یاخته های غلاف آوندی (نه میانبرگ) انجام می شود . این گیاهان در شرایط محیطی مساعد ، روزنه ها را باز می کنند و فتوسنتز انجام می دهند ولی برتری آنها نسبت به گیاهان C_3 این است که در شرایط سخت (دما و نور شدید یا کمبود آب) با اینکه روزنه ها را می بندند اما co2 برای انجام چرخه کالوین زیاد هست و فتوسنتز را انجام می دهند و در این شرایط سخت ، رشد خود را حفظ کرده اند .



یاد داشت ها

.....

.....

.....

.....

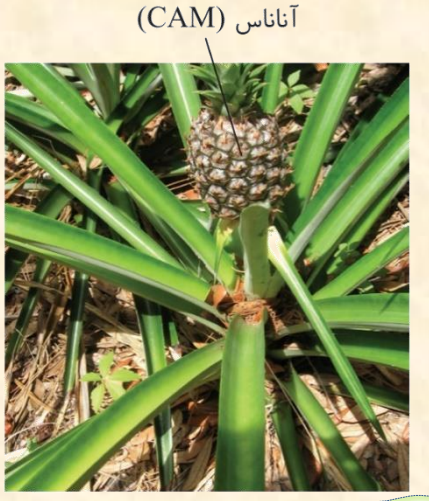
.....

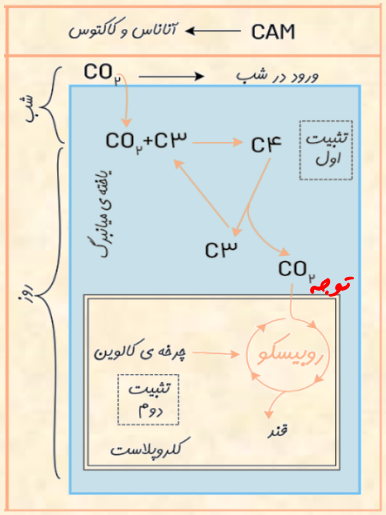
.....

متن کتاب

فتوسنتز در گیاهان CAM

بعضی گیاهان در مناطقی زندگی می کنند که با مسئله دما و نور شدید در طول روز و کمبود آب مواجه اند. در این گیاهان برای جلوگیری از هدر رفتن آب، روزنه ها در طول روز بسته و در شب بازند. برگ،ساقه یا هردوی آنها در چنین گیاهانی گوشتی و پرآب است. این گیاهان در کریچه های خود ترکیباتی دارند که آب را نگه می دارند . تثبیت کربن در این گیاهان، مانند گیاهانC4 است، با این تفاوت که تثبیت کربن در آنها در یاخته های متفاوت نیست و به عبارتی تقسیم بندی مکانی نشده، بلکه در زمان های متفاوت انجام می شود. تثبیت اولیه کربن در شب که روزنه ها بازند و چرخه کالوین در روز انجام می شود که روزنه ها بسته اند. آناناس ازگیاهان CAM است





نکته ها

۱) چرخهٔ کالوین در گیاهان C4 ، فقط در یاخته های غلاف آوندی صورت می گیرد. یعنی چرخهٔ کالوین در یاخته های سبزدیسه دار میانبرگ نرده ای یا اسفنجی آنها رخ نمی دهد.

۲) هر یاخته سبزدیسه دار گیاه در حضور نور قدرت انجام واکنش های نوری فتوسنتز و تولید ATP ، O_2 وNADPH را دارد ولی واکنش های چرخه کالوین آنها بستگی به نسبتCO_2 بهO_2 گیاه و نوع یاخته دارد. (در گیاهان C4 ، واکنش های مستقل از نور فتوسنتزی(چرخه کالوین) فقط در غلاف آوندی رخ می دهد یا به عبارتی مصرف ATPنوری و NADPHها فقط در غلاف آوندی آنها رخ می دهد).

۳) در گیاهان CAM در یک یاخته دو نوع تثبیت کربن وجود دارد ولی در دو زمان مختلف انجام می شوند و همچنین امکان تثبیت کربن در عدم حضور نور را دارد و تنها گیاهانی هستند که همواره (در هر زمانی) تثبیت کربن را انجام می دهند .

٤) آنزیمی که در ترکیب CO_2 با اسید سه کربنه نقش دارد و اسید ٤ کربنی را می سازد فقط نقش کربوکسیلازی دارد .

۵) مقایسه کارایی فتوسنتز در شرایط محیطی مختلف :

الف) در شرایط عادی : $CAM < C_4 < C_3$

ب)در شرایط افزایش نور : $C_3 < C_4$

ج) در شرایط به شدت گرم و خشک : $CAM > C_4 > C_3$

از انرژی به ماده
عبدالعزیز بلوچ

ادامه نکته ها

۶) دقت کنید در شرایط کم آبی تعداد کانال های پروتئینی که در انتقال آب از عرض غشایی نقش دارند (آکواپورین ها) افزایش می یابد .

۷) اگرچه گیاهان CAM قادر به حفظ بقای خود در گرماهای شدیدند و بر تنفس نور غلبه می کنند اما معمولاً به کندی رشد می کنند به همین دلیل کارایی فتوسنتز چندان بالا نیست .

۸) در گیاهان C4 ، محل تولید اسید چهار کربنه و تثبیت اولیه کربن، درون یاخته های میانبرگ است؛ اما محل تولید اسید سه کربنه، چرخه کالوین، فعالیت روبیسکو، تثبیت دوم کربن و اکسایش NADPHدرون یاخته های غلاف آوندی است

۹) زمانی که روزنه های هوایی در گیاهانCAM باز است، یاخته های نگهبان روزنه در حالت تورژسانس و انبساط طولی هستند، شب

است، تثبیت کربن در یک مرحله رخ می دهد، واکنش های وابسته به نور غیر فعال اند و از زنجیره های انتقال الکترون غشای تیلاکوئید الکترونی

عبور نمی کند، تجزیه نوری آب و چرخه کالوین انجام نمی شود، روبیسکو فعالیت ندارد و NADPHو ATPدرون کلروپلاست تولید و مصرف نمی شوند.

عبدالعزیز بلوچ

متن کتاب

می دانید گیاهان در فرایند فتوسنتز CO_2 را با استفاده از انرژی نور خورشید به ماده آلی تبدیل و اکسیژن نیز تولید می کنند. (واکنش زیر) بر این اساس می توان میزان فتوسنتز را با تعیین میزان کربن دی اکسید مصرف شده و یا اکسیژن تولید شده اندازه گرفت.

$$۶CO_۲ + ۶H_۲O \xrightarrow{\text{نور خورشید}} C_۶H_{۱۲}O_۶ + ۶O_۲$$

برای اینکه جانداری بتواند فتوسنتز انجام دهد، چه ویژگی هایی باید داشته باشد؟ یکی از این ویژگی ها داشتن مولکول های رنگیزه ای است که بتوانند انرژی نور خورشید را جذب کنند. همچنین، باید سامانه ای برای تبدیل این انرژی به انرژی شیمیایی وجود داشته باشد. انواعی از جانداران وجود دارند که فتوسنتزمی کنند. در ادامه به بررسی این فرایند در گیاهان می پردازیم.

انواع جانداران از نظر سوخت و ساز

الف) جانداران مصرف کننده(هتروتروف) : این جانداران که شـامل همه جانوران، همه قارچ ها، اغلب باکتریها و برخی آغازیان می شـوند، که قدرت تولید مواد آلی را از مواد کانی (معدنی) ندارند. (یعنی انرژی مورد نیاز را از مواد آلی می گیرند)

ب) جانداران تولید کننده(اتوتروف) : این جانداران می توانند با استفاده از انرژی و الکترون ها ، مواد معدنی را به مواد آلی تبدیل کنند . که براساس منبع انرژی به دو دسته فتوسنتز کننده و شیمیوسنتز کننده تقسیم می شوند .

جانداران فتوسنتز کننده : در این جانداران منبع انرژی فقط نور خورشید است اما منبع الکترون متفاوت است. (در انتهای فصل خواهیم گفت) و شامل گیاهان ، برخی آغازیان و برخی از باکتری ها است .

جانداران شیمیوسنتز کننده : در این جانداران منبع انرژی به جای نور خورشید ، از مواد معدنی می باشد . و منبع الکترون هم موادمعدنی هستند . و شامل باکتری هایی می شوند که در مناطق بدون نور خورشید زندگی می کنند . مثل باکتری هایی که آمونیوم را به نیترات تبدیل می کنند .

دقت کنید در همه تولید کننده ها، $CO_۲$ مصرف و مواد قندی تولید می شود . اما $O_۲$ لزوماً در هر فتوسنتز کننده ای تولید نمیشه (مثل باکتری فتوسنتز کننده غیر اکسیژن زا) پس نمی تواز از طریق اندازه گیری $O_۲$ ، میزان فتوسنتز را در هر جانداری اندازه گرفت .

۱) یاخته هایی که مصرف co_2 دارند عبارتند از : یاخته فتوسنتز کننده ، یاخته شیمیوسنتز کننده ، یاخته مصرف کننده (مثل یاخته کبدی انسان که با ترکیب co_2 و امونیاک ، اوره تولید می کند)

۲) یاخته هایی که توانایی فتوسنتز دارند عبارتند از : یاخته یوکاریوتی (گیاهی یا آغازیان) ، پروکاریوتی (باکتری های گوگردی وسیانو باکتری)

(توجه کنید در گیاهانی که انگلی هستند فتوسنتز وجود ندارد . مثل سس و گل جالیز)

۳) یاخته هایی که می توانند مواد معدنی را به مواد آلی تبدیل کنند عبارتند از : یاخته های تولید کننده (فتوسنتز کننده و شیمیوسنتز کننده) و یاخته های مصرف کننده (یاخته کبدی انسان)

عبدالعزیز بلوچ

متن کتاب

می دانید گیاهان در فرایند فتوسنتز CO_2 را با استفاده از انرژی نور خورشید به ماده آلی تبدیل و اکسیژن نیز تولید می کنند. (واکنش زیر) بر این اساس می توان میزان فتوسنتز را با تعیین میزان کربن دی اکسید مصرف شده و یا اکسیژن تولید شده اندازه گرفت.

$$۶CO_۲ + ۶H_۲O \xrightarrow{\text{نور خورشید}} C_۶H_{۱۲}O_۶ + ۶O_۲$$

برای اینکه جانداری بتواند فتوسنتز انجام دهد، چه ویژگی هایی باید داشته باشد؟ یکی از این ویژگی ها داشتن مولکول های رنگیزه ای است که بتوانند انرژی نور خورشید را جذب کنند. همچنین، باید سامانه ای برای تبدیل این انرژی به انرژی شیمیایی وجود داشته باشد. انواعی از جانداران وجود دارند که فتوسنتزمی کنند. در ادامه به بررسی این فرایند در گیاهان می پردازیم.

عبدالعزیز بلوچ

متن کتاب

می دانید گیاهان در فرایند فتوسنتز CO_2 را با استفاده از انرژی نور خورشید به ماده آلی تبدیل و اکسیژن نیز تولید می کنند. (واکنش زیر) بر این اساس می توان میزان فتوسنتز را با تعیین میزان کربن دی اکسید مصرف شده و یا اکسیژن تولید شده اندازه گرفت.

$$۶CO_۲ + ۶H_۲O \xrightarrow{\text{نور خورشید}} C_۶H_{۱۲}O_۶ + ۶O_۲$$

برای اینکه جانداری بتواند فتوسنتز انجام دهد، چه ویژگی هایی باید داشته باشد؟ یکی از این ویژگی ها داشتن مولکول های رنگیزه ای است که بتوانند انرژی نور خورشید را جذب کنند. همچنین، باید سامانه ای برای تبدیل این انرژی به انرژی شیمیایی وجود داشته باشد. انواعی از جانداران وجود دارند که فتوسنتزمی کنند. در ادامه به بررسی این فرایند در گیاهان می پردازیم.

انواع جانداران از نظر سوخت و ساز

الف) جانداران مصرف کننده(هتروتروف) : این جانداران که شـامل همه جانوران، همه قارچ ها، اغلب باکتریها و برخی آغازیان می شـوند، که قدرت تولید مواد آلی را از مواد کانی (معدنی) ندارند. (یعنی انرژی مورد نیاز را از مواد آلی می گیرند)

ب) جانداران تولید کننده(اتوتروف) : این جانداران می توانند با استفاده از انرژی و الکترون ها ، مواد معدنی را به مواد آلی تبدیل کنند . که براساس منبع انرژی به دو دسته فتوسنتز کننده و شیمیوسنتز کننده تقسیم می شوند .

جانداران فتوسنتز کننده : در این جانداران منبع انرژی فقط نور خورشید است اما منبع الکترون متفاوت است. (در انتهای فصل خواهیم گفت) و شامل گیاهان ، برخی آغازیان و برخی از باکتری ها است .

جانداران شیمیوسنتز کننده : در این جانداران منبع انرژی به جای نور خورشید ، از مواد معدنی می باشد . و منبع الکترون هم موادمعدنی هستند . و شامل باکتری هایی می شوند که در مناطق بدون نور خورشید زندگی می کنند . مثل باکتری هایی که آمونیوم را به نیترات تبدیل می کنند .

دقت کنید در همه تولید کننده ها، $CO_۲$ مصرف و مواد قندی تولید می شود . اما $O_۲$ لزوماً در هر فتوسنتز کننده ای تولید نمیشه (مثل باکتری فتوسنتز کننده غیر اکسیژن زا) پس نمی تواز از طریق اندازه گیری $O_۲$ ، میزان فتوسنتز را در هر جانداری اندازه گرفت .

۱) یاخته هایی که مصرف co_2 دارند عبارتند از : یاخته فتوسنتز کننده ، یاخته شیمیوسنتز کننده ، یاخته مصرف کننده (مثل یاخته کبدی انسان که با ترکیب co_2 و امونیاک ، اوره تولید می کند)

۲) یاخته هایی که توانایی فتوسنتز دارند عبارتند از : یاخته یوکاریوتی (گیاهی یا آغازیان) ، پروکاریوتی (باکتری های گوگردی وسیانو باکتری)

(توجه کنید در گیاهانی که انگلی هستند فتوسنتز وجود ندارد . مثل سس و گل جالیز)

۳) یاخته هایی که می توانند مواد معدنی را به مواد آلی تبدیل کنند عبارتند از : یاخته های تولید کننده (فتوسنتز کننده و شیمیوسنتز کننده) و یاخته های مصرف کننده (یاخته کبدی انسان)

عبدالعزیز بلوچ

متن کتاب

می دانید گیاهان در فرایند فتوسنتز CO_2 را با استفاده از انرژی نور خورشید به ماده آلی تبدیل و اکسیژن نیز تولید می کنند. (واکنش زیر) بر این اساس می توان میزان فتوسنتز را با تعیین میزان کربن دی اکسید مصرف شده و یا اکسیژن تولید شده اندازه گرفت.

$$۶CO_۲ + ۶H_۲O \xrightarrow{\text{نور خورشید}} C_۶H_{۱۲}O_۶ + ۶O_۲$$

برای اینکه جانداری بتواند فتوسنتز انجام دهد، چه ویژگی هایی باید داشته باشد؟ یکی از این ویژگی ها داشتن مولکول های رنگیزه ای است که بتوانند انرژی نور خورشید را جذب کنند. همچنین، باید سامانه ای برای تبدیل این انرژی به انرژی شیمیایی وجود داشته باشد. انواعی از جانداران وجود دارند که فتوسنتزمی کنند. در ادامه به بررسی این فرایند در گیاهان می پردازیم.

عبدالعزیز بلوچ

متن کتاب

می دانید گیاهان در فرایند فتوسنتز CO_2 را با استفاده از انرژی نور خورشید به ماده آلی تبدیل و اکسیژن نیز تولید می کنند. (واکنش زیر) بر این اساس می توان میزان فتوسنتز را با تعیین میزان کربن دی اکسید مصرف شده و یا اکسیژن تولید شده اندازه گرفت.

$$۶CO_۲ + ۶H_۲O \xrightarrow{\text{نور خورشید}} C_۶H_{۱۲}O_۶ + ۶O_۲$$

برای اینکه جانداری بتواند فتوسنتز انجام دهد، چه ویژگی هایی باید داشته باشد؟ یکی از این ویژگی ها داشتن مولکول های رنگیزه ای است که بتوانند انرژی نور خورشید را جذب کنند. همچنین، باید سامانه ای برای تبدیل این انرژی به انرژی شیمیایی وجود داشته باشد. انواعی از جانداران وجود دارند که فتوسنتزمی کنند. در ادامه به بررسی این فرایند در گیاهان می پردازیم.

انواع جانداران از نظر سوخت و ساز

الف) جانداران مصرف کننده(هتروتروف) : این جانداران که شـامل همه جانوران، همه قارچ ها، اغلب باکتریها و برخی آغازیان می شـوند، که قدرت تولید مواد آلی را از مواد کانی (معدنی) ندارند. (یعنی انرژی مورد نیاز را از مواد آلی می گیرند)

ب) جانداران تولید کننده(اتوتروف) : این جانداران می توانند با استفاده از انرژی و الکترون ها ، مواد معدنی را به مواد آلی تبدیل کنند . که براساس منبع انرژی به دو دسته فتوسنتز کننده و شیمیوسنتز کننده تقسیم می شوند .

جانداران فتوسنتز کننده : در این جانداران منبع انرژی فقط نور خورشید است اما منبع الکترون متفاوت است. (در انتهای فصل خواهیم گفت) و شامل گیاهان ، برخی آغازیان و برخی از باکتری ها است .

جانداران شیمیوسنتز کننده : در این جانداران منبع انرژی به جای نور خورشید ، از مواد معدنی می باشد . و منبع الکترون هم موادمعدنی هستند . و شامل باکتری هایی می شوند که در مناطق بدون نور خورشید زندگی می کنند . مثل باکتری هایی که آمونیوم را به نیترات تبدیل می کنند .

دقت کنید در همه تولید کننده ها، $CO_۲$ مصرف و مواد قندی تولید می شود . اما $O_۲$ لزوماً در هر فتوسنتز کننده ای تولید نمیشه (مثل باکتری فتوسنتز کننده غیر اکسیژن زا) پس نمی تواز از طریق اندازه گیری $O_۲$ ، میزان فتوسنتز را در هر جانداری اندازه گرفت .

۱) یاخته هایی که مصرف co_2 دارند عبارتند از : یاخته فتوسنتز کننده ، یاخته شیمیوسنتز کننده ، یاخته مصرف کننده (مثل یاخته کبدی انسان که با ترکیب co_2 و امونیاک ، اوره تولید می کند)

۲) یاخته هایی که توانایی فتوسنتز دارند عبارتند از : یاخته یوکاریوتی (گیاهی یا آغازیان) ، پروکاریوتی (باکتری های گوگردی وسیانو باکتری)

(توجه کنید در گیاهانی که انگلی هستند فتوسنتز وجود ندارد . مثل سس و گل جالیز)

۳) یاخته هایی که می توانند مواد معدنی را به مواد آلی تبدیل کنند عبارتند از : یاخته های تولید کننده (فتوسنتز کننده و شیمیوسنتز کننده) و یاخته های مصرف کننده (یاخته کبدی انسان)

عبدالعزیز بلوچ

الف) تبدیل ATP به ADP
۱)شکستن پیوند بین فسفات ها
۲)مصرف مولکول آب
۳)آزاد شدن انرژی ذخیره شده(انرژی زا)
ب) تبدیل ADP به ATP
۱)تشکیل پیوند بین فسفات ها
۲)تولید مولکول آب
۳)ایجاد پیوند پرانرژی (انرژی خواه)

روش های ساخته شدن ATP

الف) در سطح پیش ماده

برای ساخته شدن ATPبه فسفات نیاز هست.یکی از روش های ساخته شدنِ ATP برداشته شدن گروه فسفات از یک ترکیب فسفات دار (پیش ماده) وافزودن آن به ADP است. به همین علت، این روش را ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده می نامند.

ماهیچه ها برای انقباض به ATP نیاز دارند و یکی از راه های تأمین آن در ماهیچه ها، برداشتِ فسفات از مولکولِ کرآتین فسفات و انتقال آن به ADP است . در این مثال کرآتین فسفات، پیش ماده ای است که فسفات آن برای ساخته شدن ATPبه کار می رود.

دقت کنید هر روش تولید ATP در سطح پیش ماده منظور : ۱) تخمیر ۲) کراتین فسفات ۳) گلیکولیز ۴)چرخه کربس

توجه برای تولید ADPدر سطح پیش ماده، از فسفات های آزاد درون یاخته استفاده نمی شود و بنابراین تولید ADPدر سطح پیش ماده، باعث کاهش تعداد فسفات های آزاد درون یاخته نمی شود.

با توجه به شکل

۱) این آنزیم دارای بیش از یک جایگاه فعال است . (یکی برای ADP و یکی برای کراتین فسفات)

زیم ، یک مولکول دوفسفاته (ADP) و یک مولکول تک فسفاته (کراتین فسفات) هستند

ب) ساخته شدن اکسایشی

۳) فراورده های آن کراتین و ATP هستند . که کراتین به کراتینین تبدیل می شود واز طریق ادرار دفع می شود.(ماده در ساخته شدن اکسایشی، ATPاز یون فسفات و انرژی حاصل از انتقال الکترون ها در راکیزه ساخته می شود. ودر ساخته شدن اکسایشی، دفعی نیتروژن دار است که حاصل تجزیه آمینواسید ونوکلئوتید نیست)

ATPاز یون فسفات آزاد درون میتوکندری و انرژی حاصل از انتقال الکترون ها در میتوکندری ساخته می شود.

۲

ج) ساخته شدن نوری

این روش ساخته شدنATP در سبزدیسه «درون بستره» و با استفاده از فسفاتهای آزاد درون یاخته انجام می شود و ازآنجایی که منبع اصلی انرژی مؤثر در تولید ATP نور خورشید است، این روش را ساخته شدن نوری ATPمی نامند.

این روش ساخته شدن فقط در جانداران فتوسنتز کننده مثل جلبک ها (اسپیروژیر) ، گیاهان و در باکتری ها (سیانوباکتری ها و گوگردی) مشاهده می شود .

دقت کنید جانداران فتوسنتز کننده به هر سه روش ATP تولید می کنند .

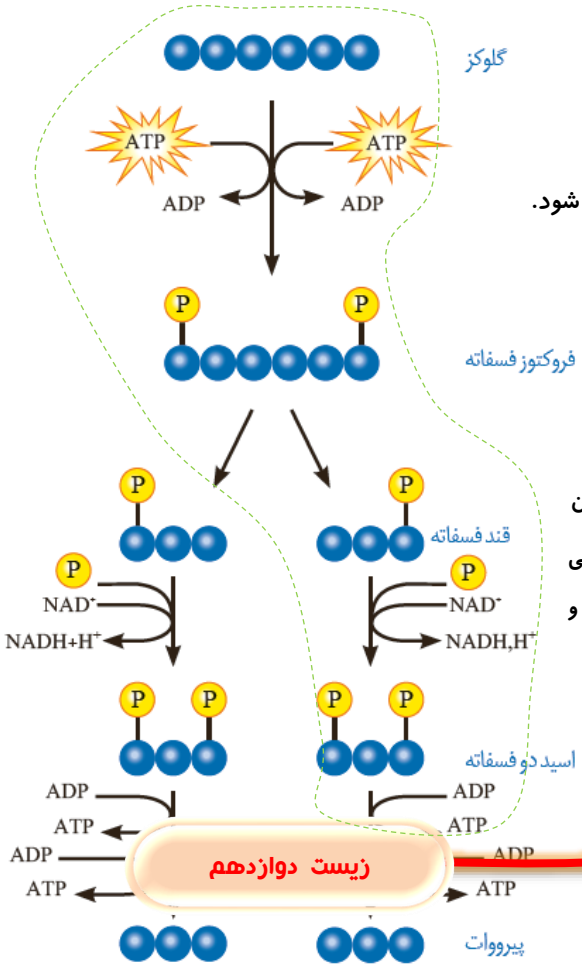
مراحل تنفس یاخته ایی

۱) گلیکولیز

۲) اکسیاش پیروات – کربس - زنجیره انتقال الکترون

۱)گلیکولیز (قند کافت)

اولین مرحله تنفس یاخته ای، قندکافت و به معنی تجزیه گلوکز است که در مادهٔ زمینه سیتوپلاسم انجام می شود. تجزیه گلوکز در قندکافت، نه به صورت یک باره، بلکه به صورت مرحله ای انجام می شود که عبارتند از:



مرحله اول (تشکیل قند شش کربنه دو فسفاته به نام فروکتوز دو فسفاته)

این مرحله انرژی خواه است یعنی انرژی فعالسازی نیاز دارد، که با هیدرولیز ۲عدد ATP ، گلوکز به قند ۶ کربنه دو فسفاته (فروکتوز فسفاته) تبدیل می شود.

مرحله دوم (تشکیل دو قند سه کربنه تک فسفاته)

از تجزیه فروکتوز دوفسفاته، دو قند سه کربنیِ یک فسفاته به وجود می آید.

مرحله سوم (تشکیل دو اسید سه کربنه دو فسفاته)

در این مرحله هر قند سه کربنه تک فسفاته ، با گرفتن فسفات معدنی و با از دست دادن یک الکترون و ۲ پروتون اکسید می شود و به اسیدی سه کربنه دو فسفاته تبدیل می شود . (در این مرحله برای تولید هر اسید یک عدد NAD^+ با گرفتن الکترون و هیدروژن احیا می شود و $NADH$ را تولید می کند .)

$$NAD^+ + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons NADH + H^+$$

مرحله چهارم (تشکیل دو پیروات و تولید ATP در سطح پیش ماده)

در این مرحله هر یک از این مولکول های سه کربنی با از دست دادن دو فسفات خود در نهایت به پیرووات (بنیان پیرووِیک اسید) تبدیل می شود.(البته توجه کنید تولید ATP در ... ز صورت می گیرد)

نکته ها

۱) گلیکولیز بخش بی هوازیِ تنفس یاخته ایی است یعنی بدون تولید و مصرف CO_2 و O_2 است .

۲)در همه یاخته هایِ زنده گلیکولیز انجام می شود . (پس در همه یاخته ها یِ زنده تولید ATP در سطح پیش ماده انجام می شود ، یا اینکه می توانند در عدم حضور اکسیژن ATP تولید کنند)

۳)می توان گفت با تولید H^+ در مرحله سوم، PH درون سیتوپلاسم کاهش می یابد .

٤)در همه مراحل گلیکولیز تولید و مصرف ترکیب آلی فسفات دار داریم که در مرحله اول .....

٥) در مرحله اول ۲ مولکول ATP و ۲عدد آب مصرف می شود و همچنین سه ترکیب آلی دو فسفاته(ولی دو نوع) تولید می شود .

٦)در مرحله ٤ گلیکولیز برایِ تولید هر پیروات ۳ترکیب آلی دو فسفاته مصرف می شود و همچنین ۲ مولکول آلی ۳ فسفاته و ۲مولکول آب تولید می شود. (برایِ تولید هر ترکیب سه کربنه دو فسفاته تعداد 2ATP و1NADH تولید می شود .)

عبدالعزیز بلوچ

مولکول های حامل الکترون : NADH(نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید) و $FADH_2$ (فلاوین آدنین دی نوکلئوتید)

۱) مولکول های آلی کربن داری هستند که در ساختار آنها باز آلی نیتروژن دارو قند ریبوز وجود دارد.(دی نوکلئوتید آدنین دار هستند)

۲) NADH از ترکیب NAD^+ ، H^+ و e^- ساخته می شود.و $FADH_2$ **از ترکیب** FAD ، H^+ و e^- ساخته می شود.

۳) NAD^+ توانایی حمل یک H^+و دو الکترون را دارد اما FAD توانایی حمل دو الکترون و دو H^+را دارد.

۴) دقت کنید که NAD^+وFAD گیرنده الکترون هستند اما NADHوFADH حامل الکترون هستند.(NAD^+ هرگز اکسایش نمی یابد و

زیست دوازدهم

۵)NADHهم در گلیکولیز و هم در چرخه کربس تولید می شود اما FADH2فقط و فقط در چرخه کربس یعنی درون میتوکندری (در

راکیزه مقصد پیرووات

ود.

$$FAD + ۲H^+ + ۲e^- \rightleftharpoons FADH_۲$$

$$NAD^+ + ۲H^+ + ۲e^- \rightleftharpoons NADH + H^+$$

مرحله دیگر تنفس یاخته ای به اکسیژن نیاز دارد و در یوکاریوتها در راکیزه انجام می شود.

۱) راکیزه دو غشا دارد: غشای بیرونی صاف، و غشای درونی آن به داخل چین خورده است. درنتیجه، فضای درون آن به بخش داخلی و بخش بیرونی (فضای بین دو غشا) تقسیم می شود . (می توان گفت وسعت غشای داخلی بیشتر است چون چین خورده است)

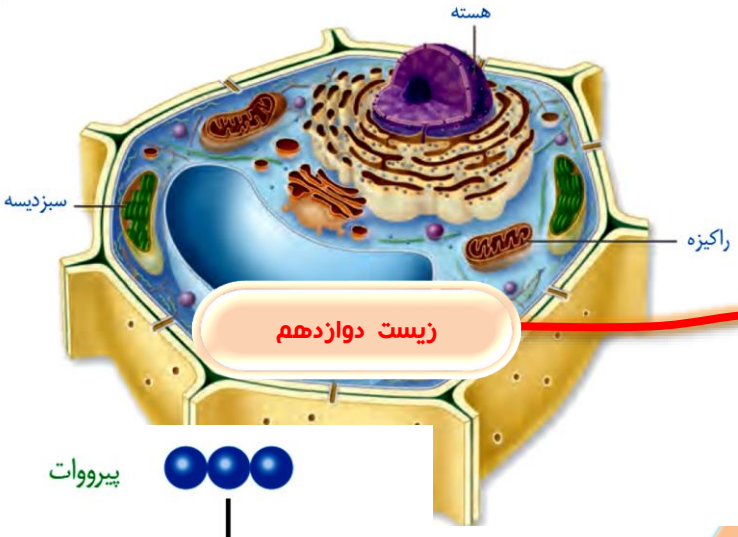
۲) راکیزه دنای (حلقوی) مستقل از هسته و رناتن مخصوص به خود را دارد، بنابراین در آن پروتئین سازی انجام می شود. (پس فعالیت رنابسپاراز ، دنا بسپاراز و رناتن ها وجود دارد یعنی همانندسازی ، رونویسی و ترجمه مشاهده می شود .)

۳) در دنای راکیزه، ژنهای مورد نیاز برای ساخته شدن انواعی (نه همه) از پروتئین های مورد نیاز در تنفس یاخته ای وجود دارند.

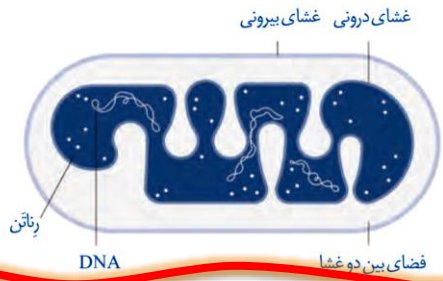
۴) راکیزه همراه با یاخته و نیز مستقل از آن تقسیم می شود.(می توان گفت در ماهیچه های اسکلتی مستقل از تقسیم هسته است .)

به نظر شما مستقل بودن تقسیم راکیزه از تقسیم یاخته چه اهمیتی دارد؟ .....

۵) به هر حال راکیزه برای انجام نقش خود در تنفس یاخته ای به پروتئین هایی وابسته است که ژنهای آنها در هسته قرار دارند و به وسیله رناتن های سیتوپلاسمی ساخته می شوند.(پس وارد شبکه اندوپلاسمی و گلژی نمی شوند .)



زیست دوازدهم

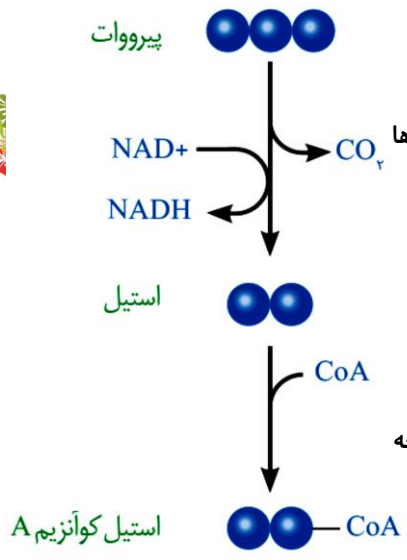


۲)مرحله دوم تنفس یاخته ای

الف) اکسایش پیروات

محصول نهایی گلیکولیز که در انتهای آن بوجود می آید پیروات است . این مولکول در یوکاریوت ها با انتقال فعال وارد راکیزه می شود و در انجا اکسایش می یابد . (در باکتری های هوازی در غشای پلاسمایی انجام می شود .)

پیرووات توسط مجموعه آنزیمی که در غشای داخلی راکیزه قرار دارند یک کربن دی اکسید از دست می دهد(پروتون و الکترون هم می دهد) و به بنیان استیل تبدیل می شود. استیل با اتصال به مولکولی به نام کوآنزیمA ، استیل کوآنزیم A را تشکیل می دهد. در این واکنش NAD^+ با گرفتن الکترون و پروتون احیا می شود و NADH را به وجود می آورد. اکسایش استیل کوآنزیم A در چرخه ای از واکنش های آنزیمی، به نام چرخهٔ کِربس، در بخش داخلی راکیزه انجام می گیرد .



دقت کنید پیروات مستقیم وارد کربس نمی شود بلکه یکی از محصولات آخر وارد کربس و دیگری وارد زنجیره انتقال الکترون می شود.

نکته ها

۱) در تنفس هوازی، اولین مولکول کربن دی اکسید، طی تبدیل پیرووات به بنیان استیل تولید می شود در انسان این CO_2پس از تولید در ماتریکس میتوکندری، با عبور از 3غشاء (دو عدد غشاء میتوکندری و یک عدد درغشاء سلول) از سلول خارج می شود و پس از ورود به خون می تواند فعالیت آنزیم کربنیک انیدراز را در گویچه های قرمز افزایش دهد و یا در سلول های گیاهی می تواند با عبور از 4غشا (دو غشاء میتوکنودری و دو غشاء کلروپلاست) وارد چرخه ی کالوین در بستره کلروپلاست شود.

۲) به ازای تجزیه هر گلوکز ، ۲مولکول پیروات ، دو مولکول استیل کوآنزیم A و قبل از کربس ۲ مولکول CO_2تولید می شود و ..... مولکول NADH تولید می شود .

۳) توجه کنید بنیان استیل دو کربنی است اما استیل کوآنزیم A بیشتر از دو کربن دارد چون کوآنزیم A ترکیب آلی هست .

٤) در سلول های یوکاریوتی اکسایش پیروات برخلاف احیای آن در سیتوپلاسم رخ نمی دهد.

٥) در باکتری ها و یوکاریوت ها در مرحله گلیکولیز NAD^+ الکترون را از ترکیب سه کربنی در یافت می کند .

یاد داشت ها

.....

.....

.....

.....

.....

.....

زیست دوازدهم

گفتار ۲

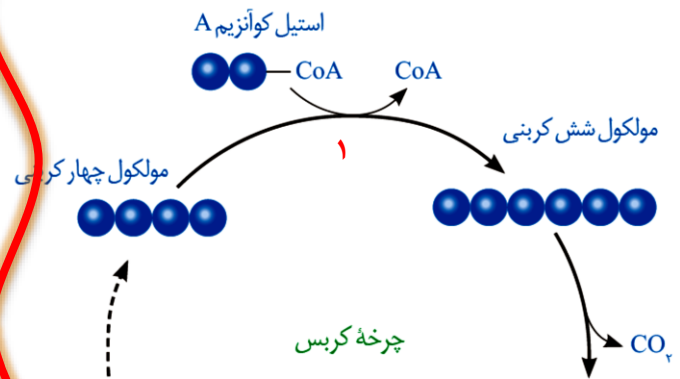
اکسایش بیشتر

.....

ب) چرخه کربس

مولکول گلوکز در تنفس هوازی باید تا حد تشکیل مولکول های CO_2 تجزیه شود. بخشی از تجزیه گلوکز در قندکافت و اکسایش پیرووات و بخش دیگر آن در چرخهٔ کربس انجام می شود.

۱)در ابتدای این چرخه، ضمن ترکیب استیل کوآنزیم A با مولکولی چهارکربنی ،کوآنزیم A جدا و مولکولی شش کربنی، ایجاد می شود.



۲

۲)در مرحله دوم ترکیب شش کربنه اکسایش می یابد و با از دست دادن یک مولکولCO_2 به یک ترکیب پنج کربنه تبدیل می شود.

٤

۳

۳)در مرحله سوم ترکیب پنج کربنه اکسایش می یابد و با از دست دادن یک مولکولCO_2 به یک ترکیب چهار کربنه تبدیل می شود.

٤)در نهایت مولکول چهار کربنه تولید شده در مرحله سوم، طی یک سری واکنش با کلی تغییرات (که کتاب نگفته)، تبدیل به ترکیب چهار کربنه آغازگر چرخه می شود و در این مراحل، مولکول چهار کربنی آغازگر چرخه، برای گرفتن استیل کوآنزیم دیگر، بازسازی می شود.

از اکسایش هر مولکول شش کربنی در واکنش های چرخه کربس، مولکول های ATP ، NADH وFADH2 در محل های متفاوتی از چرخه تشکیل می شوند. به این ترتیب با انجام قندکافت، اکسایش پیرووات و چرخه کربس، مولکول گلوکز تا تشکیل مولکول های CO2 تجزیه می شود. (چون گلوکز ۶ کربن دارد تا حد تولید ۶عدد Co_2 تجزیه می شود .)

انرژی حاصل از تجزیهٔ گلوکز صرف ساخته شدنِ ATP و مولکول های حامل الکترون (NADH و FADH2) می شود.

دقت کنید در مرحله اول کربس همانند مرحله اول گلیکولیز ترکیب ۶ کربنه تولید می شود . (البته برخلاف گلیکولیز فاقد فسفات است)

توجه در چرخه کربس، برخلاف مراحل گلیکولیز و اکسایش پیرووات دو نوع حامل الکترون تولید می شود. (..... و .....)

در چرخه کربس مولکول های شش و پنج و چهار کربنی هم تولید و هم مصرف می شوند زیاست مولکول ها فاقد فسفات هستند . و مولکول های FADH2 ،NADH و CO2 تولید می شوند ولی مصرف نمی شوند. (البته فراموش نکنید با تولید ATP آب هم تولید می شود .)

نکته ها

۱) از محصولات چرخه کربس NADH و FADH2 برای تولید ATP بیشتر وارد زنجیره انتقال الکترون می شوند و CO_2 تولید شده نیز می تواند به عنوان پیش ماده برای ساخت اوره، کربنیک اسید (توسط انیدراز کربنیک) و در گیاهان به عنوان پیش ماده روبیسکو باشد.

۷

۲) در یاخته های انسان در فضایی از سلول که پیروات تولید می شود ، استیل کوآنزیم A ، FADH2 و NADH ..... .

۳) هر فرایندی که منجر به تولید CO_2 از گلوکز می شود : تنفس یاخته ای ، تخمیر الکلی (توجه کنید در تنفس یاخته ای CO_2 فقط در درون میتوکندری تولید می شود .)

٤) طی چرخه کربس همانند گلیکولیز و اکسایش پیروات ،اکسیژن تولید و مصرف نمی شود .

٥) CO_2 تولید شده در درون میتوکندری می تواند از : اکسایش پیروات ، چرخه کربس یا تنفس نوری باشد .

٦) در تنفس مولکول CO_2 و آب درون میتوکندری تولید می شوند ودر فتوسنتز در درون کلروپلاست مصرف می شوند .

عبدالعزیز بلوچ

تشکیل ATP بیشتر

دیدیم که در تنفس یاخته ای ATP به وجود می آید. جالب است بدانیم که مولکول های NADH و FADH2 نیز برای تولید ATP مصرف می شوند. چگونه انرژی مولکول های حامل الکترون برای تولید ATP به کار می رود؟

همچنین براساس رابطهٔ کلی تنفس یاخته ای می دانیم که در این فرایند آب نیز تشکیل می شود. آب چگونه در این فرایند تولید می شود ؟

پاسخ این پرسش ها در زنجیرهٔ انتقال الکترون در غشای درونی راکیزه نهفته است.

یاد داشت ها

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

زنجیره انتقال الکترون

این زنجیره در غشای درونی راکیزه قرار دارند و از مولکول هایی تشکیل شده است که می توانند الکترون بگیرند یا از دست دهند.

مولکول های این زنجیره عبارتند از :

۱) پمپ های غشایی : در این زنجیره سه پمپ غشایی وجود دارد(مولکول اول ، سوم و پنجم) که از نوع پروتئین های سراسری هستند و با دو لایه فسفولیپیدی در تماس هستند این پمپ ها برخلاف شیب غلظت با انتقال فعال یون H^+ را از فضای داخلی میتوکندری (ماتریکس) به فضای بین دو غشا منتقل می کنند. (بنابراین pH فضای بین دو غشا اسیدی می شود.)

این پمپ ها ATPمصرف نمی کنند بلکه انرژی خود را از الکترون های NADHو FADH۲می گیرند.

در زنجیره انتقال الکترون ، الکترونهای مولکول NADH ازهر سه نوع پمپ غشایی و الکترونهای FADH2 از دو نوع پمپ غشایی عبور می کنند و انرژی پمپ ها را تأمین میکنند .

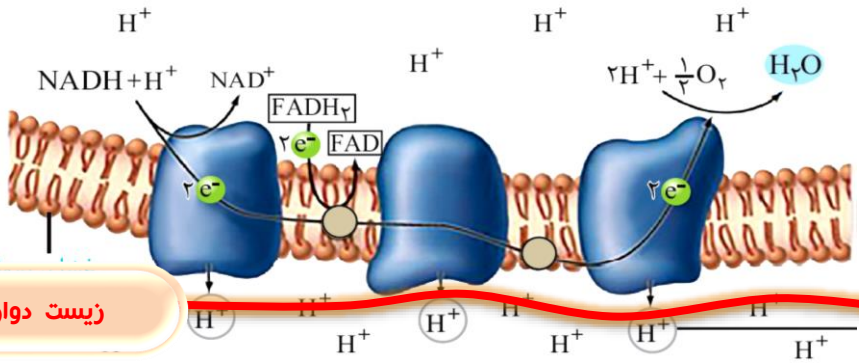
۲) مولکول های دیگر : در این زنجیره علاوه بر پمپ ها دو مولکول دیگر نیز نقش دارند که مولکول دوم و چهارم زنجیره هستند .

مولکول دوم : اولين تركيبي است كه ازFADH2 الكترون مي گيرد و يا هيدروژن هايFADH2 را جدا مي كند، نوعي تركيب آبگريز است (چون فقط با بخش آبگريز دو لايه فسفوليپيد غشاء داخلي در تماس است).

از اين تركيب الكترون عبور مي كند ولي چون فاقد منفذ است پروتون عبور نمي كند(البته در انتقال پروتون نقش دارد)، پس نمي توان گفت از هر تركيبي كه الكترون عبور مي كند، الزاماً پروتون هم عبور مي كند ، پروتئين سراسري هم نيست.

مولکول چهارم : اين مولكول انتقال دهنده الكترون در زنجيره فقط با يک لايه فسفوليپيدي غشاء داخلي در تماس است ، چون فاقد منفذ است بنابراين پروتون را از خود عبور نمي دهد ، اين تركيب با فسفوليپيدهاي لايه خارجي غشاي داخلي ميتوكندري در تماس است.

آخرین ترکیب زنجیره انتقال الکترون پمپ غشایی است که الکترون ها را در نهایت به اکسیژن مولکولی (آخرین پذیرنده الکترون) می رساند. اکسیژن با گرفتن الکترون به یون اکسید (اتم اکسیژن با دو بار منفی) تبدیل می شود. در ضمن یون های اکسید در ترکیب با پروتون هایی که در بخش داخلی قرار دارند، مولکول های آب را تشکیل می دهند



زیست دوازدهم

با ورود پروتون ها از بخش داخلی به فضای بین دو غشا، تراکم آنها در این فضا، نسبت به بخش داخلی افزایش می یابد. پروتون ها براساس شیب غلظت، تمایل دارند که به سمت بخش داخلی برگردند (انتشار تسهیل شده). اما تنها راه پیش روی پروتون ها برای برگشتن به این بخش، مجموعه ای پروتئینی به نام آنزیم ATP ساز است.

غشای بیرونی

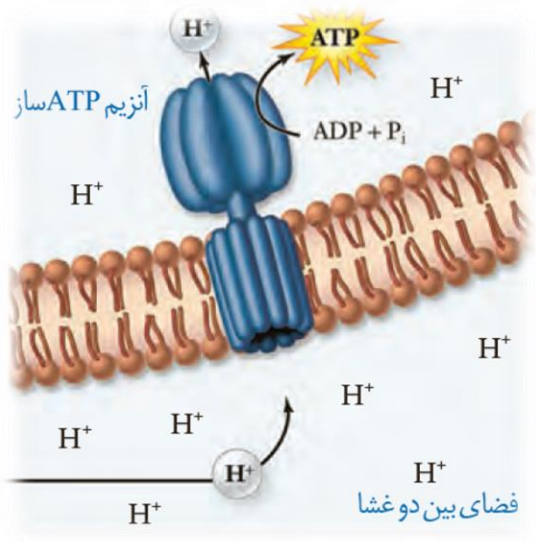
پروتون ها از کانالی که در این مجموعه قرار دارد، می گذرند و انرژی موردنیاز برای تشکیل ATP از ADP و گروه فسفات فراهم می شود.

آنزیم ATP ساز

۱)یک پروتئین سراسری است و با دولایه فسفولیپیدی تماس دارد . و مهم تر این که جزء زنجیره انتقال الکترون نیست .

۲) دارای دو نقش است : ۱) نقش کانالی (انتقال پروتون به فضای داخلی میتوکندری) ۲) نقش آنزیمی(ساخت ATP)

عبدالعزیز بلوچ



می توان گفت

۱) تنها عاملی که غلظت پروتون ها را در فضای بین دو غشا کاهش می دهد آنزیم ATP ساز است .

۲) آخرین گیرنده الکترون در تنفس یاخته ای اکسیژن است که یک ترکیب معدنی است .

۳) در میتوکندری چندین زنجیره (یک نوع) وجود دارد ولی همه از ۵ مولکول تشکیل شده اند. به همین دلیل غشای داخلی چین خورده است .

۴) همه اجزای زنجیره در ساخت ATP نقش دارند ولی هیچکدام نمی توانند ATP بسازند .

۵) آنزیم ATP ساز دارای ساختار چهارم است چون مجموعه ای از پروتئین هاست .

زیست دوازدهم

نکته ها

۱) الکترون های NADH از همه اجزای زنجیره عبور می کند، اما الکترون های FADH2 فقط از چهار جزء زنجیره عبور می کند و از اولین پمپ (اولین پروتئین زنجیره) عبور نمی کند.

۲) NADH نسبت به FADH2 باعث تولید ATP بیشتری می شود چون الکترون های حاصل از آن پمپ های بیشتری را فعال می کنند و باعث انتقال H^+ بیشتری می شود .

۳) NAD^+ تولید شده در میتوکندری برای بازسازی NADH در میتوکندری (اکسایش پیروات) و سیتوپلاسم (گلیکولیز) استفاده می شود . اما FAD های تولید شده ..... .

۴) دومین مولکول زنجیره که در اکسایش FADH2 نقش دارد، از دو منبع الکترون دریافت می کند.

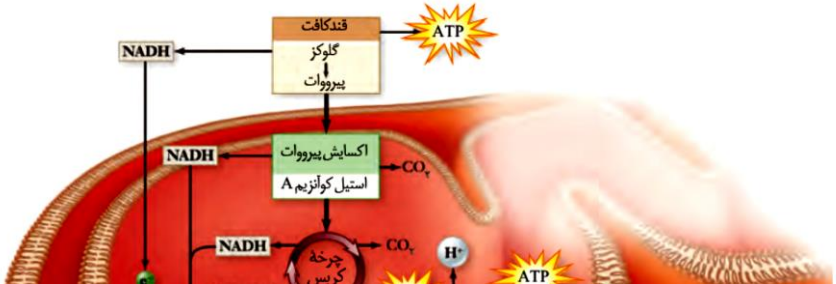
۵) درون فضای داخلی میتوکندری هم ATP در سطح پیش ماده تولید می شود (در چرخه کربس) و هم ATP به صورت اکسایشی تولید می شود .

عبدالعزیز بلوچ

زیست دوازدهم

مروری بر تنفس یاخته ای

خلاصه هایی از تنفس یاخته ای را در شکل زیر مشاهده می کنید. همان طور که می بینید در فرایند قندکافت از گلوکز پیرووات ایجاد می شود. پیرووات به راکیزه می رود و در آنجا به استیل کوآنزیم A اکسایش می یابد. استیل کوآنزیم A وارد چرخه کربس می شود. در تنفس یاخته ای مولکول های کربن دی اکسید، ATP، FADH2، NADH و آب تولید می شوند.



عبدالعزیز بلوچ

یاد داشت ها

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

تنظیم تنفس یاخته ای: تولیدی اقتصادی

اندازه گیری های واقعی در شرایط بهینه آزمایشگاهی نشان می دهند که مقدار ATP تولید شده در ازای تجزیه کامل گلوکز در بهترین شرایط در یاخته یوکاریوت، حداکثر ۳۰ عدد ATP است.

باکتری ها راکیزه ندارند، پس قندکافت و چرخه کربس در سیتوپلاسم باکتری هوازی انجام می شود و زنجیره انتقال الکترون درغشای پلاسمایی باکتری انجام می شود پس می توان گفت در باکتری هوازی به ازای تجزیه هر گلوکز تا ..... ATP تولید شود .

باید توجه داشت که تولید ATP در یاخته های متفاوت و متناسب با نیاز بدن فرق می کند. به نظر شما اگر مقدار ATP دریاخته زیاد باشد، واکنش های قندکافت و چرخه کربس، به همان میزانی انجام می شوند که در شرایط کمبود ATP است؟

مشخص شده که تولید ATP تحت کنترل میزان ATP و ADP است. اگر ATP زیاد باشد، آنزیم های درگیر در قندکافت و چرخه کربس مهار می شوند تا تولید ATP کم شود. در صورتی که مقدار ATP کم و ADP زیاد باشد، این آنزیم ها فعال و تولید ATP افزایش می یابد. این تنظیم مانع از هدر رفتن منابع می شود. یاخته های بدن ما به طور معمول از گلوکز و ذخیرهٔ قندی کبد برای تأمین انرژی استفاده می کنند.

درصورتی که این منابع کافی نباشند، آنها برای تولید ATP به سراغ تجزیهٔ چربی ها و پروتئین ها می روند.(وضعیتی مشابه دیابت شیرین) به همین علت تحلیل و ضعیف شدن ماهیچه های اسکلتی و سیستم ایمنی از عوارض سوء تغذیه و فقر غذایی شدید و طولانی مدت در افرادی است که رژیم غذایی نامناسب دارند یا اینکه به دلایل متفاوت غذای کافی دراختیار ندارند.

عوارض تجزیه چربی ها:

۱) تجزیه چربی ها باعث تولید محصولات اسیدی می شودهمچنین ورود محصولات اسیدی به خون، باعث کاهش PH خون می شود. در این حالت کلیه ها برای جبران pH و حفظ هومئوستازی، ترشح H^+ وبازجذب بیکربنات را افزایش می دهد.

۲) تجزیه چربی اطراف کلیه باعث افتادگی کلیه ها و تاخوردگی میزنای می شود.

عوارض تجزیه پروتئین ها :

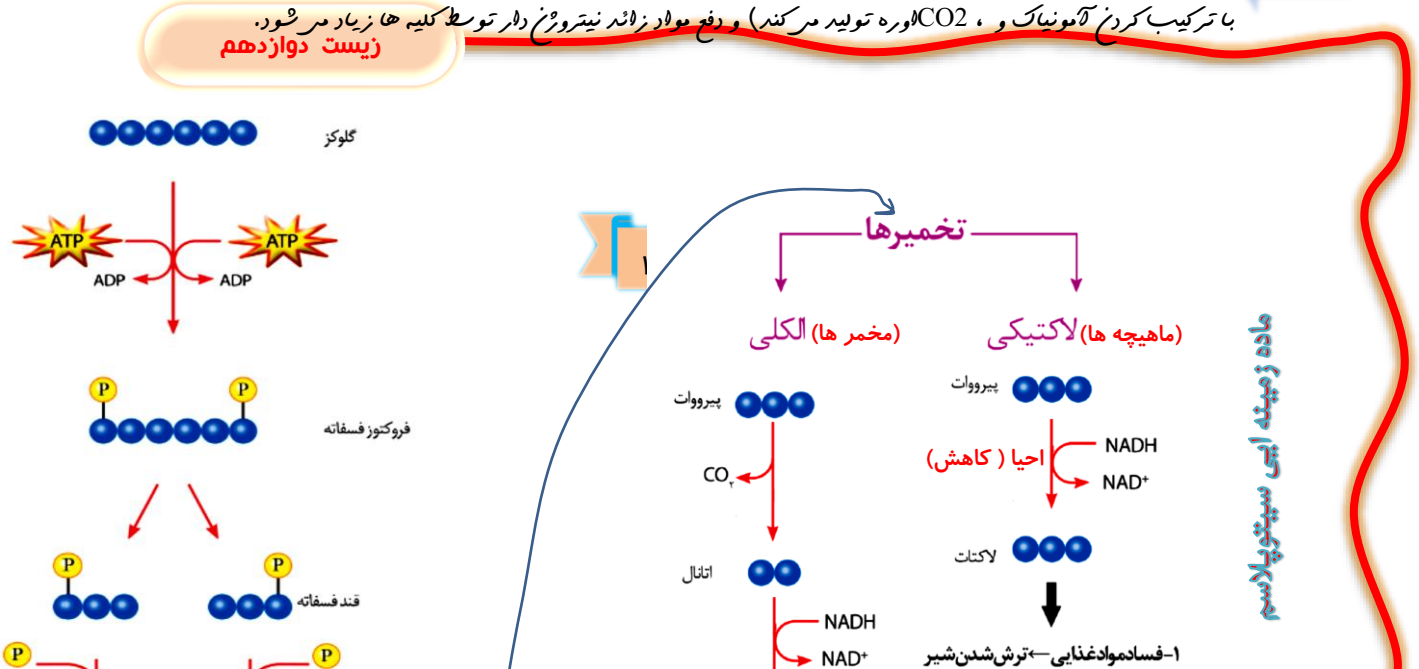
۱) تضعیف سیستم ایمنی

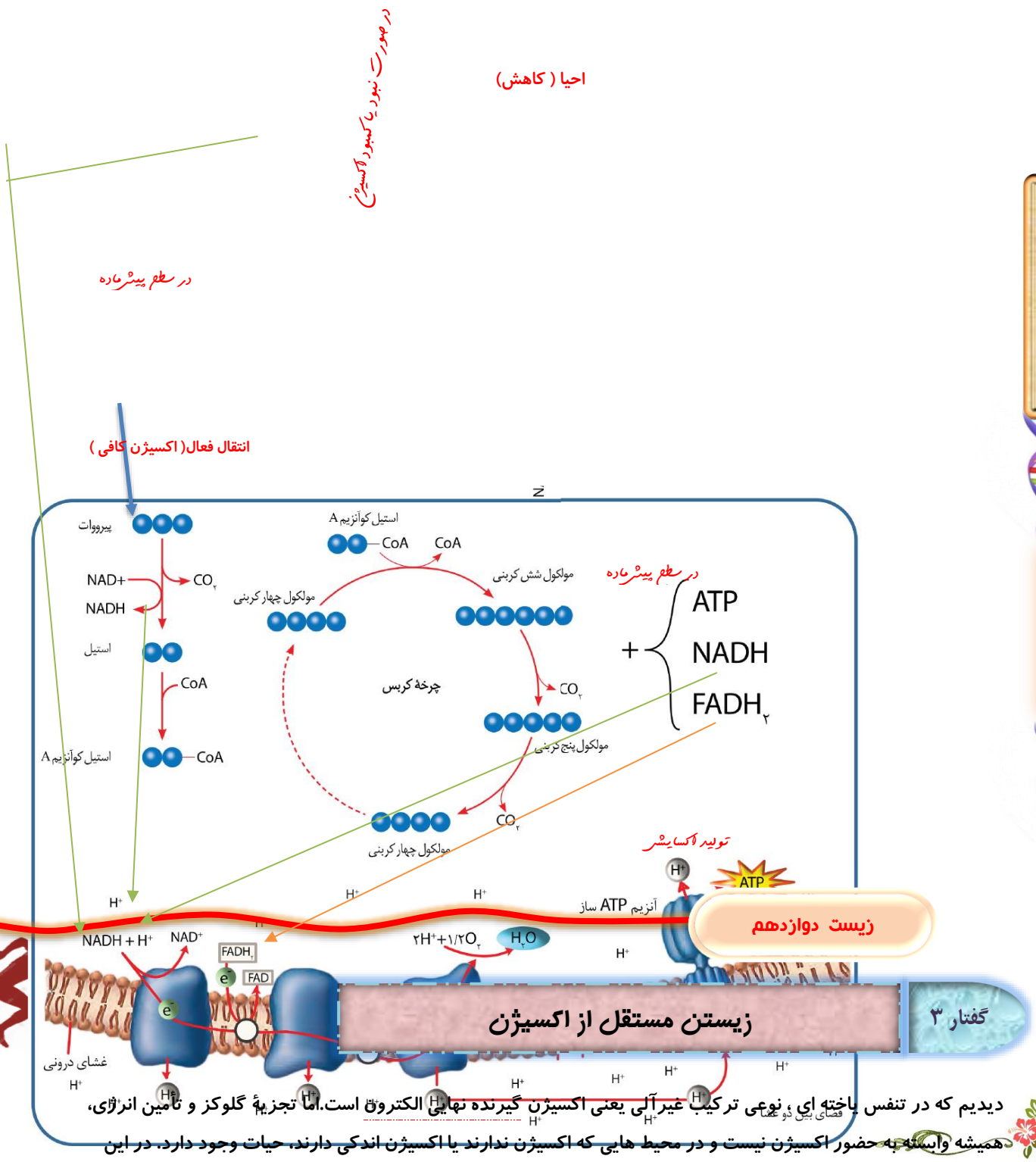
۲) تحلیل و ضعیف شدن ماهیچه اسکلتی

۳) اختلال در انعقاد خون

۴) و...

توجه در افرادی که مصرف پروتئین در آن ها زیاد شود، تولید آمونیاک و اوره نیز زیاد می شود، فعالیت کبد در تولید اوره زیاد می شود (کبد با ترکیب کردن آمونیاک و CO_2، اوره تولید می کند) و دفع مواد زائد نیتروژن دار توسط کلیه ها زیاد می شود.





زیست دوازدهم

گفتار ۳

زیستن مستقل از اکسیژن

دیدیم که در تنفس یاخته ای ، نوعی ترکیب غیرآلی یعنی اکسیژن گیرنده نهایی الکترون است.اما تجزیهٔ گلوکز و تامین انرژی، همیشه وابسته به حضور اکسیژن نیست و در محیط هایی که اکسیژن ندارند یا اکسیژن اندکی دارند، حیات وجود دارد. در این صورت ATP مورد نیاز سلول ، بدون نیاز به اکسیژن، از تخمیر تامین می گردد.

تخمیر از روش های تأمین انرژی در شرایط کمبود یا نبود اکسیژن است که در انواعی از جانداران رخ می دهد. در فرایند تخمیر، راکیزه و در نتیجه زنجیره انتقال الکترون نقشی ندارند. **تخمیر الکلی** و **تخمیر لاکتیکی** انواعی از تخمیرند که در صنایع متفاوت از آنها بهره می بریم.

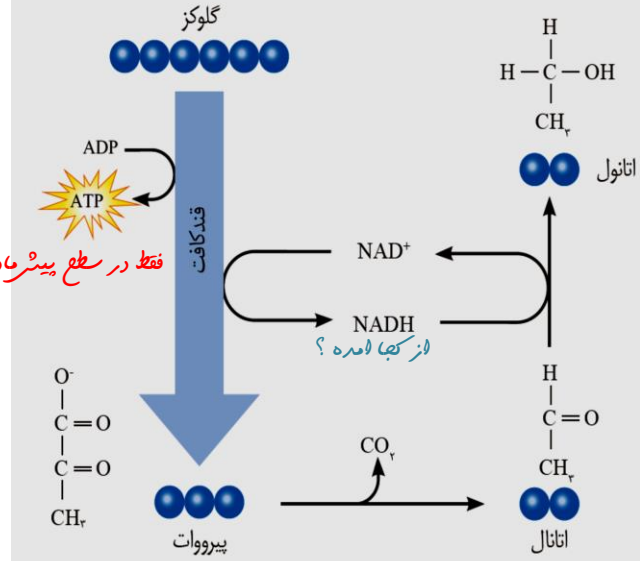
تخمیر الکلی و لاکتیکی مانند تنفس هوازی با قندکافت آغاز می شوند و پیروات ایجاد می کنند؛ درقندکافت دیدیم که تشکیل

تخمیر الکلی

ورآمدن خمیر نان به علت انجام تخمیر الکلی است. (به دلیل CO_2 تولید شده)شکل مقابل طرح ساده ای از مراحل این نوع تخمیر را نشان می دهد.

در این فرایند، پیرووات حاصل از قندکافت با از دست دادن CO_2 ، به اتانال تبدیل می شود. اتانال (ترکیب آلی) با گرفتن الکترون های NADH احیا شده و اتانول ایجاد می کند. (پس NADH اکسایش و اتانال کاهش می یابد)

توجه کنید گلیکولیز مرحله ایی از تخمیر هم محسوب می شود پس در تخمیر ATP تولید می شود .(در مخمر نان و برخی گیاهان وجود دارد)



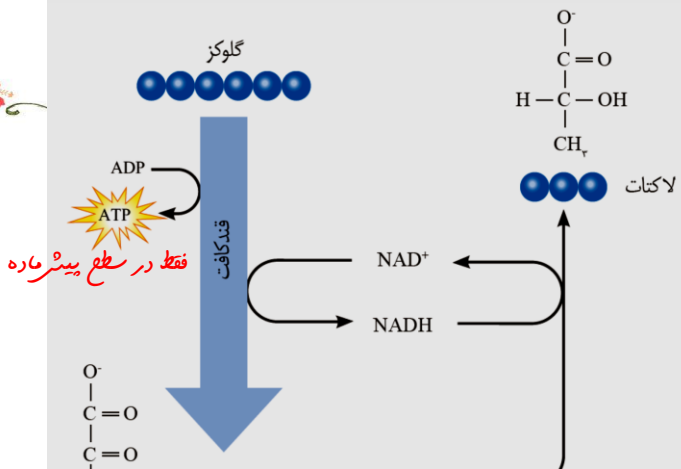
در تخمیر الکلی گیرنده نهایی الکترون اتانال (ترکیب آلی) است و محصول نهایی اتانول است .(هر دو دو کربنه اند)

توجه به ازای تجزیه هر گلوکز به روش تخمیر الکلی می توان گفت ۲ مولکول CO_2 ، ۲ مولکول اتانال ،۲ مولکول اتانول تولید و ۲ مولکول NAD^+ بازسازی می شود.

تخمیر لاکتیکی

در سال گذشته خواندید، ماهیچه های اسکلتی برای تجزیه کامل گلوکز به اکسیژن نیاز دارند و اگر اکسیژن کافی نباشد، لاکتات در ماهیچه ها تجمع می یابد. اما لاکتات با چه سازوکاری ایجاد می شود؟

فعالیت شدید ماهیچه ها به اکسیژن فراوان نیاز دارد. اگر اکسیژن کافی نباشد، پیرووات حاصل از قندکافت وارد راکیزه ها نمی شود، بلکه با گرفتن الکترون های NADH به لاکتات تبدیل می شود.(پس پیرووات کاهش و NADH



دو الکترون و دو هیدروژن مرگیرد

عبدالعزیز بلوچ

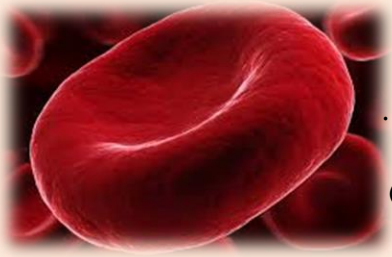
در تخمیر لاکتیکی گیرنده نهایی الکترون پیروات (ترکیب آلی) است و محصول نهایی لاکتات است .(هر دو اسید سه کربنه بدون فسفات اند)

مقایسه تخمیر الکلی و لاکتیکی

تفاوت ها (در هر نوع تخمیری نمی تواند ...)	شباهت ها (در هرنوع تخمیری....)
۱) گیرنده نهایی الکترون در الکلی اتانال (۲کربنی) و در لاکتیکی پیروات (۳کربنی)	۱)به اکسیژن نیاز ندارند .
۲) در تخمیر الکلی برخلاف لاکتیکی تولید CO_2داریم .	۲) با گلیکولیز شروع می شوند . (پس تولید و مصرف ATPوNADH دارند.)
۳)در تخمیر الکلی، ترکیب دو کربنه و در تخمیر لاکتیکی، ترکیب سه کربنه احیاء میشود	۳) در سیتوپلاسم انجام می شوند .
٤)در تخمیر الکلی، محصول قند کافت احیاء یا اکسایش نمي یابد ولی در تخمیر لاکتیکی،محصول قندکافت مستقیما احیاء می شود.	٤) تولید ATP در سطح پیش ماده را دارند .
٥) در تخمیر الکلی محصول نهایی ، ATP ، اتانول CO_2 و در تخمیر لاکتیکی محصول نهایی، ATPو اسید لاکتیک هستند .	٥) بازسازی NAD^+ در هردو انجام می شود.

توجه در بین یاخته های بدن، یاخته های ماهیچه ای و گلبو لهای قرمز (به دلیل نداشتن راکیزه) تخمیر لاکتیکی دارند . (البته در برخی باکتری ها و گیاهان هم تخمیر لاکتیکی وجود دارد)

در مورد گلبول قرمز(RBC)



۱)گلبول قرمز بیش ترین یاخته های خونی هستند و در انسان و بیشتر پستانداران میتوکندری ندارد .

۲) چون میتوکندری ندارد پس اکسایش پیروات ندارد (یعنی تولید CO_2 واستیل کوآنزیم A ندارد)

۳) چون میتوکندری ندارد پس چرخه کربس ندارد (یعنی مصرف استیل کوآنزیمA وتولید $FADH_2$ ندارد .)

۴)چون میتوکندری ندارد پس زنجیره انتقال الکترون ندارد (یعنی مصرف O_2 ، $FADH_2$و تولید اکسایشیATP ندارد .)

۵) می توان گفت در تنفس به ازای مصرف هر گلوکز ۲ عدد ATP تولید می کنند .

انواعی از باکتری ها تخمیرلاکتیکی را انجام می دهند. بعضی از این باکتری ها، مانند آنچه در ترش شدن شیر رخ می دهد، سبب فساد غذا می شوند؛ اما انواعی از آنها در تولید فراورده های غذایی به کار می روند. تخمیر لاکتیکی در تولید فراورده های شیری و خوراکی هایی مانند خیارشور نقش دارد.

تخمیر در گیاهان:

گیاهانی که به طور طبیعی در شرایط غرقابی رشد می کنند، سازوکارهایی برای تأمین اکسیژن مورد نیاز دارند.تشکیل بافت پارانشیمی (نرم آکنه ای) هوادار در گیاهان آبزی و شُش ریشه در درخت حَرّا از این سازوکارهاست.

به هر حال، اگر اکسیژن به هر علتی در محیط نباشد یا کم باشد، تخمیر انجام می شود. هر دو نوع تخمیر الکلی و لاکتیکی در گیاهان وجود دارد.

توجه داشته باشید که تجمع الکل یا لاکتیک اسید در یاخته گیاهی به مرگ آن می انجامد، بنابراین باید از یاخته ها دور شوند.

یاد داشت ها

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

نکته ها

۱) در تخمیر لاکتیکی CO_2تولید نمی شود. پس می توان گفت که انجام تخمیر لاکتیکی در عضلات باعث کاهش فعالیت آنزیم انیدراز کربنیک و در نتیجه کاهش تولید بیکربنات و یون Hدرون گویچه قرمز اطراف آن ماهیچه می شود. اما به دلیل تولید لاکتیک اسید باعث افزایش ترشح H^+ و بازجذب بیکربنات می شود .

۲) در ماهیچه های اسکلتی هم اکسایش پیرووات و هم احیای پیرووات انجام می شود اما در گویچه های قرمز فقط احیای پیرووات انجام می شود و اکسایش پیرووات در گویچه های قرمز مشاهده نمی شود.

۳)یاخته های ماهیچه اسکلتی از یاخته هایی هستند که می توانند اکسایش پیرووات(درون راکیزه) و احیای پیرووات (در ماده زمینه ای سیتوپلاسم) انجام دهند .ولی در گویچه های قرمز فقط احیای پیرووات را داریم. (چون .....)

سلامت بدن: پاداکسنده ها

در درس شیمی آموختید رادیکال های آزاد به علت داشتن الکترون های جفت نشده در ساختار خود، واکنش پذیری بالایی دارند و می توانند در واکنش با مولکول های تشکیل دهندهٔ بافت های بدن، به آنها آسیب برسانند. امکان تشکیل رادیکال آزاد از اکسیژن در فرایند تنفس هوازی،(نه بی هوازی) وجود دارد.

اکسیژن با پذیرش الکترو ن در پایان زنجیرهٔ انتقال الکترون، به یون اکسید (o^{2-})تبدیل می شود. یون های اکسید با یون های هیدروژن (H^{+}) ترکیب می شوند و در نتیجه مولکول آب به وجود می آید اما گاه پیش می آید که درصدی از اکسیژن ها وارد واکنش تشکیل آب نمی شوند، بلکه به صورت رادیکال آزاد در می آیند. رادیکال های آزاد از عوامل ایجاد سرطان اند.

راکیزه ها برای مقابله با اثر سمی رادیکال های آزاد، به ترکیبات پاداکسنده وابسته اند، میوه ها و سبزیجات دارای پاد اکسنده هایی

تجمع رادیکالهای آزاد

الکل و انواعی از نقص های ژنی در عملکرد راکیزه در خنثی سازی رادیکال های آزاد مشکل ایجاد می کنند. در چنین شرایطی، رادیکالهای آزاد در راکیزه تجمع می یابند و آن را تخریب می کنند؛ در نتیجه، یاخته هم تخریب می شود.

الف- اثر الکل:

۱) الکل سرعت تشکیل رادیکالهای آزاد از اکسیژن را افزایش می دهد ۲) مانع از عملکرد راکیزه در جهت کاهش آنها می شود. رادیکال های آزاد با حمله به DNA راکیزه، سبب تخریب راکیزه و در نتیجه مرگ یاخته های کبدی و بافت مردگی (نکروز کبد) می شوند.

ب- نقص ژنی:

گاه نقص در ژن های مربوط به پروتئین های زنجیره انتقال الکترون، به ساخته شدن پروتئین های معیوب می انجامد راکیزه ای که این پروتئین های معیوب را داشته باشد در مبارزه با رادیکالهای آزاد، عملکرد مناسبی ندارد

توقف انتقال الکترون

الف) سیانید:

مواد سمی فراوانی وجود دارند که با مهار یک یا تعدادی از واکنش های تنفس هوازی، سبب توقف تنفس یاخته و مرگ می شوند سیانید یکی از این ترکیب هاست که واکنش نهایی مربوط به انتقال الکترونها به O_2 را مهار و درنتیجه باعث توقف زنجیره انتقال الکترون می شود . (ترکیبات سیانیددار توسط گیاهان تولید می شوند، که تاثیری بر تنفس یاخته ای خود گیاه ندارد اما وقتی جانور گیاه را می خورد، این ترکیب تجزیه و سیانید که سمی است از آن جدا می شود وتنفس یاخته ای جانور گیاه خوار را متوقف می کند.)

ب) گاز کربن مونواکسید:

کربن مونواکسید، با اتصال به هموگلوبین، مانع از اتصال اکسیژن به آن می شود و چون به آسانی از هموگلوبین جدا نمی شود، ظرفیت حمل اکسیژن در خون را کاهش می دهد این عملکرد مونواکسیدکربن، در واقع در انجام تنفس یاخته ای اختلال ایجاد می

سیانید و مونواکسید کربن با مهار آخرین پروتئین زنجیره باعث :

۱) مانع انتقال الکترون به اکسیژن و کاهش تولید O^{2-} می شود و در پی ان تولید آب در بستره کاهش می یابد .

۲) با کاهش فعالیت پمپ ها مقدار H^{+} در فضای بین دو غشا کاهش و و در نتیجه فعالیت آنزیم ATP ساز کمتر می شود یعنی تولید اکسایشی ATP کاهش می یابد .

۳) مانع تجزیه NADH می شود در نتیجه بر بازسازی NAD^{+} تاثیر می گذارد و می تواند بر چرخه کربس نیز تاثیر بگذارد .

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

. .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

. .....