جزوه سطح A (نکات مهم تر) پس از تدریس در کلاس حضوری یا مجازی .
در صفحات پایان هر گفتار نوشته خواهد شد

فصل ششم – از انرژی به ماده

گفتار یکم – فتوسنتز – تبدیل انرژی نور به انرژی شیمیایی

- **واکنش فتوسنتز:** $6\ CO_2 + 6\ H_2O \rightarrow\rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$
- در این واکنش گاز O_2 تولید و گاز CO_2 مصرف می شود پس می توان میزان و شدت انجام فتوسنتز را بر اساس میزان CO_2 مصرف شده و یا میزان O_2 تولید شده اندازه گیری کرد.

- مورد از ویژگی های لازم برای فتوسنتز:
1- وجود مولکول های رنگیزه جاذب نور خورشید
2- وجود سامانه تبدیل انرژی نور به انرژی شیمیایی

- محل انجام فتوسنتز در هو هسته ای ها (یوکاریوت ها): سبزدیسه (کلروپلاست).

- در اغلب گیاهان، برگ مناسب ترین ساختار برای فتوسنتز است (چون سبزدیسه فراوان دارد).

✍ بعضی گیاهان، فتوسنتز نمی کنند (گیاهان انگل مثل سس و گیاه جالیز).

✍ گیاهان گوشتفوار فتوسنتز انجام می دهند.

- بعضی باکتری ها فتوسنتز می کنند (سیانوباکتری ها و باکتری های گوگردی سبز و گوگردی ارغوانی).

- گروهی از آغازیان فتوسنتز می کنند (اوگلناها-جلبک های قرمز، قهوه ای و سبز)

✍ آغازیان همانند گیاهان، سبزدیسه دارند چون یوکاریوت هستند اما باکتری ها فاقد سبزدیسه می باشند.

- برگ در نهاندانگان دولپه ای :
1- دارای پهنک و دمبرگ
2-اجزاء پهنک :روپوست، میانبرگ و رگبرگ(دسته های آوند چوبی و آبکشی).

- ترتیب قرارگیری اجزاء پهنک از خارج به داخل:
1- روپوست **2**- میانبرگ **3**- رگبرگ (دسته های آوندی).

- روپوست رویی و روپوست زیرین، به ترتیب، سطح بالایی و پایینی برگ دولپه ای ها را پوشانده اند.

✍ یاخته های روپوست (هر دو سطح) ماده ای مومی به نام کوتین (نوعی لیپید) را به سطح خارجی خود ترشح می کنند. به این لایه کوتینی، **پوستک یا کوتیکول** می گویند.

- وظایف پوستک (کوتیکول):

1- جلوگیری از تبخیر آب (به آب نفوذناپذیر است)

2- ممانعت از ورود نیش حشرات و عوامل بیماری زا

3-جلوگیری از تأثیر سرما

- میان برگ:

از یاخته های پارانشیم (نرم آکنه) تشکیل شده است و شامل دونوع یاخته است :

الف- یاخته ای نرده ای ب- یاخته های اسفنجی

- یاخته های میان برگ نرده ای :

1- به شکل استوانه ای هستند

2- یاخته ها به هم فشرده اند (فضای میان یاختی کم است)

3- در مجاورت روپوست رویی هستند

- یاخته های میان برگ اسفنجی :

1- تقریباً به شکل کروی هستند

2- یاخته ها به هم فشرده نیستند (فضای میان یاختی زیاد است)

3- در مجاورت روپوست زیرین هستند.

- در بعضی گیاهان، برگ از یاخته های اسفنجی تشکیل شده است مثلاً برگ گیاه تک لپه

✍ در همه گیاهان، روپوست فقط از یک لایه یاخته سنگفرشی ساخته شده است.

شکل صفحه **78** :

1- یاخته های نگهبان روزنه زیر مجموعه روپوست هستند

2- اغلب یاخته های روپوست فاقد کلروپلاست هستند

(در بین یاخته های روپوست، فقط یاخته های نگهبان روزنه دارای کلروپلاست و عمل فتوسنتز هستند)

3- حفرات مجاور روزنه های هوایی در برگ تک لپه ای ، بزرگ تر از برگ دولپه ای هاست

4- در هر دو گیاه،درون رگبرگ، آوند چوبی روی آوند آبکش قرار گرفته است

5- در هر دو گیاه، غلاف آوندی دور رگبرگ فقط یک لایه یاخته دارد

6- میان برگ گیاه تک لپه فقط یاخته های اسفنجی دارد اما میان برگ گیاه دولپه هم یاخته های اسفنجی و هم نرده ای دارد

7- اندازه یاخته نرده ای بزرگ تر از یاخته اسفنجی است

8- در هر دو گیاه ، بیشتر حجم برگ را یاخته های میان برگ تشکیل داده اند

9- در برگ تک لپه ای ها فاصله رگبرگ تا روپوست بالایی و پایینی برابر است، اما در برگ دولپه ای ها، رگبرگ به روپوست زیرین نزدیک تر است

10- تعداد سبزدیسه (کلروپلاست) در هر یاخته میان برگ دولپه ای از تک لپه ای بیشتر است

11- یاخته های غلاف آوندی در تک لپه ای ها، کلروپلاست دارند پس فتوسنتز می کنند، اما یاخته های غلاف آوندی در دولپه ای ها فاقد کلروپلاست بوده و فتوسنتز انجام نمی دهند

12- هیچیک از یاخته های آوند چوبی و آبکشی کلروپلاست ندارند و فتوسنتز نمی کنند

13- می توان گفت در رگبرگ گیاه تک لپه فتوسنتز انجام می شود ، اما رگبرگ دو لپه ای ها فتوسنتز نمی کند

14- اغلب یاخته های برگ تک هسته ای هستند (فقط یاخته های آوند چوبی فاقد هسته اند چون مرده اند)

- کلروپلاست (سبزدیسه) :

1- یک اندامک دو غشایی است (همانند راکیزه و هسته)

2- دارای یک کروموزوم حلقوی است (همانند راکیزه)

- درون کلروپلاست سه فضای مجزا وجود دارد (از خارج به داخل) :

1- فضای بین دو غشا

2- فضایی که توسط غشاء درونی احاطه شده است (بستره یا استروما)

3- فضای درون تیلاکوییدها

- **تیلاکوییدها**: ساختاری غشایی و کیسه مانند (تیلاکوییدها به همدیگر متصل هستند).

- موارد زیر درون بستره وجود دارند:

1- آنزیم های چرخه کالوین **2**- **DNA** **3**- **RNA** **4**- ریبوزوم

- دو عمل همانندسازی **DNA** و رونویسی **RNA** درون بستره انجام می شود.

- سبزدیسه (کلروپلاست)همانند راکیزه(میتوکندری) می تواند بعضی پروتئین های مورد نیاز خودش رابسازد.

- سبزدیسه همانند راکیزه می تواند مستقل از یاخته ای که درون آن قرار گرفته است،تقسیم شود.

✍ همانندسازی **DNA** درون کلروپلاست و میتوکندری مستقل از زمان و مکان همانندسازی **DNA** درون هسته است.

✍ قطر بزرگ کلروپلاست، **4/5** میکرومتر و قطر کوچک آن **2** میکرومتر است.

✍ مقایسه: اندازه کلروپلاست بزرگ تر از میتوکندری است:

در میتوکندری قطر بزرگ تقریبا **2/4** میکرومتر و قطر کوچک تقریبا **0/8** میکرومتر است.

شکل های صفحات **67** و **79** کتاب

- رنگیزه های فتوسنتزی :

1- در ساختار غشای تیلاکوییید قرار دارند

2- شامل کلروفیل ها و کاروتنوییدها هستند

- بیشترین رنگیزه ها در کلروپلاست، کلروفیل است.

- مزیت تنوع رنگیزه ها: جذب و استفاده از طول موج های مختلف نور در فتوسنتز

- انواع کلروفیل(سبزینه): **1**- کلروفیل **a** **2**- کلروفیل **b**

- هر دو نوع کلروفیل **a** و **b** بیشترین جذب را در طول موج های زیر دارند:

الف- محدود **400** تا **500** نانومتر(بنفش-آبی)

ب- **600** تا **700** نانومتر(نارنجی-قرمز)

- البته حداکثر جذب دو نوع کلروفیل در هر یک از این دو محدوده متفاوت است.

✍ در محدوده **400** تا **500** نانومتر، میزان جذب کلروفیل **b** بیشتر از کلروفیل **a** است.

✍ در محدوده **600** تا **700** نانومتر، میزان جذب کلروفیل **a** بیشتر از کلروفیل **b** است.

✍ میزان جذب در محدوده **400** تا **500** نانومتر (از بیشتر به کمتر) بر اساس ارتفاع قله و مساحت زیر منحنی:

1- کلروفیل **b** **2**- کلروفیل **a** **3**- کاروتنوییدها

✍ در طول موج های بیشتر از **500** نانومتر، کاروتنوییدها، جذب ندارند.

✍ محدوده **500** تا **600** نانومتر مربوط به رنگ سبز است. رنگیزه ها در این محدوده جذب ناچیزی دارند، به همین دلیل این محدوده، منعکس شده و برگ به رنگ سبز دیده می شود.

- کاروتنوییدها به سه رنگ زرد، نارنجی و قرمز دیده می شوند.

- بیشترین جذب برای کاروتنوییدها در محدوده آبی و سبز نور مرئی است.

- بخش مرئی نور در محدوده **400** تا **700** نانومتر قرار دارد.

✒ هر سه نوع رنگیزه می توانند فرابنفش را جذب کنند (کمتر از **400** نانومتر)

✒ میزان جذب فرابنفش توسط رنگیزه ها از بیشتر به کمتر:

1- کلروفیل **a** **2**- کاروتنوییدها **3**- کلروفیل **b**

- فتوسیستم ها: سامانه های تبدیل انرژی نوری به انرژی شیمیایی که دو نوع هستند: **1** و **2**
- اجزاء هر فتوسیستم: **1**- آنتن های گیرنده نور **2**- مرکز واکنش (یک عدد)
- اجزاء هر آنتن: **1**- انواعی از پروتئین ها **2**- انواعی از رنگیزه ها (کلروفیل ها و کاروتنوییدها)
- اجزاء مرکز واکنش: **1**- بستر پروتئینی **2**- مولکول های کلروفیل **a**
- محل قرارگیری فتوسیستم ها: در غشاء تیلاکوییدها
- **P680**: نوعی کلروفیل **a** که حداکثر جذب آن در **680** نانومتر است و در فتوسیستم **2** قرار دارد.
- **P700**: نوعی کلروفیل **a** که حداکثر جذب آن در **700** نانومتر است و در فتوسیستم **1** قرار دارد.
- بین فتوسیستم **2** تا فتوسیستم **1** مولکول های ناقل الکترون قرار دارند که الکترون های جدا شده از فتوسیستم **2** را به فتوسیستم **1** منتقل می کنند (به صورت یک سویه).
- در حین انتقال الکترون، مولکول های ناقل ابتدا دچار کاهش (دریافت الکترون) و سپس دچار اکسایش (از دست دادن الکترون) می شوند.

✍ مولکول های زیر هم در آنتن و هم در مرکز واکنش وجود دارند: **1**- پروتئین **2**- کلروفیل **a**

✍ مولکول های زیر فقط در آنتن وجود دارند: **1**- کلروفیل **b** **2**- کاروتنوییدها

✍ فعالیت **3** صفحه **81** :

1- هدف آزمایش: آیا همه طول موج های نور مرئی تأثیر یکسانی بر فتوسنتز دارند؟

2- جانداران مورد استفاده: اسپیروژیر و باکتری هوازی

3- اسپیروژیر یک یوکاریوت است (یک جلبک سبز پرسلولی است)

4- باکتری مورد استفاده یک باکتری هتروتروف هوازی است

5- اسپیروژیر یک جاندار فتوسنتز کننده است(یک اتوتروف است)

6- کلروپلاست در اسپیروژیر ، دراز، نواری و مارپیچی شکل است

7- خود اسپیروژیر به شکل رشته ای است

8- باکتری فقط **DNA** حلقوی دارد اما اسپیروژیر در هسته، **DNA** های خطی دارد و درون کلروپلاست و میتوکندری **DNA** حلقوی دارد

9- در اسپیروژیر هر دو نوع تقسیم میتوز و میوز امکان پذیر است (برخلاف باکتری).

- در این آزمایش (فعالیت ص **81**)، قرار است باکتری ها از مولکول های اکسیژن تولید شده در فتوسنتز اسپیروژیر استفاده کنند.
- اسپیروژیر را روی یک سطح، ثابت کردند و سپس درون لوله آزمایش قرار دادند (درون لوله آزمایش، علاوه بر آب و باکتری های هوازی، گاز CO_2 نیز وجود داشت).
- با استفاده از یک منشور، نور را تجزیه کردند.
به گونه ای نور را تاباندند که به هر قسمت از اسپیروژیر ، فقط یک طیف بتابد.
- بیشترین تجمع باکتری ها در بخشهایی است که O_2 بیشتری تولید شده است یعنی در محل تابش نورهای قرمز و آبی (تجمع باکتری ها در نورهای زرد و سبز کمتر است پس O_2 کمتری تولید شده).

✍ تأثیر نور قرمز بیشتر از آبی است چون هم **P680** و هم **P700** بیشترین جذب را در محدوده نور قرمز دارند(طول موج های **680** و **700** نانومتر مربوط به رنگ قرمز هستند).

✍ کلروفیل **a** ، رنگیزه اصلی در فتوسنتز است (**P680** و **P700** هر دو از انواع کلروفیل **a** هستند).

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبلی

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبری

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبلی

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبلی

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبلی

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبلی

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبلی

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبلی

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبلی

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبلی

جزوه سطح A (نکات مهم تر) پس از تدریس در کلاس حضوری یا مجازی .
در صفحات پایان هر گفتار نوشته خواهد شد

گفتار دوم – واکنش های فتوسنتزی:

- واکنش های فتوسنتزی: 1- وابسته به نور 2- مستقل از نور
- خلاصه فتوسنتز:

فوتون های نور سبب پرانرژی شدن و برانگیخته شدن الکترون های رنگیزه ها می شوند.
این الکترون های پرانرژی توسط ناقل های الکترونی (NADPH) به چرخه کالوین منتقل می شوند تا صرف تبدیل CO_2 ها به قندهای سه کربنی شوند.

- واکنش های وابسته به نور در تیلاکوییدها رخ می دهند: با تابش نور به مولکول رنگیزه، الکترون ها پرانرژی شده و ممکن است از مدار خارج شوند (الکترون های برانگیخته).
- دو سرنوشت الکترون های برانگیخته:

الف- خروج از رنگیزه و رفتن به مولکول یا رنگیزه دیگر
ب- انتقال انرژی به رنگیزه بعدی و برگشت الکترون به مدار خود.

- در آنتن ها:

انرژی الکترون های برانگیخته بین رنگیزه ها منتقل شده و به مرکز واکنش می رود. در مرکز واکنش، این انرژی صرف برانگیخته شدن و جدا شدن الکترون از کلروفیل a می شود.

✍ در آنتن ها، الکترون از رنگیزه ها جدا نمی شود اما در مرکز واکنش جدا می شود.

- شکل صفحه **83** کتاب: انواع زنجیره انتقال الکترون در غشای تیلاکوییید:

1- زنجیره اول بین فتوسیستم **2** و فتوسیستم یک

2- زنجیره دوم بین فتوسیستم یک و $NADP^+$

✍ زنجیره اول سه عضو دارد:

عضو اول کاملاً لابلای اسیدهای چرب فسفولیپیدها مدفون شده است

عضو دوم یک پروتئین سراسری است که H^+ را به روش انتقال فعال وارد تیلاکوییید می کند

عضو سوم یک پروتئین سطحی است که به سطح داخلی عشاء تیلاکوییید چسبیده است

✍ زنجیره دوم، دو عضو دارد که هر دو به سطح خارجی غشاء تیلاکوییید چسبیده اند.

عضو دوم زنجیره دوم بزرگ تر است.

✍ پروتئین های زیر با بستره تماس مستقیم دارند:

1- عضو دوم زنجیره اول **2**- هر دو عضو زنجیره دوم.

✍ پروتئین های زیر با درون تیلاکوییید تماس مستقیم دارند:

عضوهای دوم و سوم زنجیره اول.

✍ عضو دوم زنجیره اول تنها پروتئین در زنجیره انتقال الکترون است که با هر دو سمت غشاء تیلاکوییید تماس مستقیم دارد.

✍ عضو اول زنجیره دوم تنها پروتئینی است که کاملاً درون غشا مدفون شده است.

- الکترون های برانگیخته از فتوسیستم **2** پس از عبور از زنجیره اول انتقال الکترون به مرکز واکنش در فتوسیستم یک منتقل می شوند.

- الکترون های برانگیخته از فتوسیستم یک پس از عبور از زنجیره دوم انتقال الکترون به مولکول $NADP^+$ منتقل می شوند.

- این الکترون ها صرف کاهش (احیا شدن) $NADP^+$ می شوند:

$$NADP^+ + 2e^- + 2H^+ \rightarrow NADPH + H^+$$

- به دلیل برانگیخته شدن الکترون ها، هر دو فتوسیستم دچار کمبود الکترون می شوند.
- کمبود الکترون فتوسیستم دو با الکترون های حاصل از تجزیه آب جبران می شود.
- کمبود الکترون فتوسیستم یک با الکترون هایی که از فتوسیستم دو آمده اند، جبران می شود.
- نام کامل $NADP^+$:نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید فسفات.
- NAD^+ و $NADP^+$ هر کدام دو نوکلئوتید دارند.
- تجزیه نوری آب:

فتوسیستم **2** ، آب را تجزیه می کند تا با الکترون های حاصل از آن، کمبود الکترون خود را جبران کند.

- فتوسیستم **2** ، تجزیه آب را به سمت فضای داخل تیلاکوییید انجام می دهد، پس H^+ و اکسیژن حاصل از تجزیه آب به درون تیلاکوییید رها می شوند.
- الکترون های حاصل از تجزیه آب ، کمبود الکترون سبزینه **a** در مرکز واکنش فتوسیستم **2** را جبران می کنند.
- تجزیه آب توسط فتوسیستم دو، به علت فرآیندهایی است که به تأثیر نور ارتباط دارد به همین دلیل به آن تجزیه نوری می گویند. $H_2O \rightarrow 2H^+ + \frac{1}{2} O_2$
- عضو دوم زنجیره اول انتقال الکترون در غشاء تیلاکوییید، یک پمپ پروتونی است که به روش انتقال فعال و با استفاده از انرژی الکترون ها، پروتون ها را از بستره به درون تیلاکوییید منتقل می کند.

✍ دو عامل غلظت پروتون (H^+) را درون تیلاکوییید افزایش می دهند:

1- فعالیت فتوسیستم **2** که با تجزیه آب، پروتون ها را درون تیلاکوییید اضافه می کند.

2- فعالیت عضو دوم زنجیره اول که پروتون ها را به درون تیلاکوییید وارد می کند.

✍ دو عامل فوق ، **pH** درون تیلاکوییید را کاهش می دهند (اسیدی می کنند) چون H^+ را در تیلاکوییید افزایش می دهند.

✍ عضو دوم زنجیره اول ، **pH** بستره (استروما) را افزایش می دهد (قلیایی می کند) چون H^+ بستره را کاهش می دهد.

- عضو دوم زنجیره دوم نیز **pH** بستره را افزایش می دهد چون به ازاء تولید هر **NADPH** دو H^+ را مصرف می کند.
- تولید **NADPH** با افزایش **pH** همراه است چون H^+ مصرف می شود.
  - ساخته شدن نوری **ATP**: در غشاء تیلاکوییید ، مجموعه ای پروتئینی به نام آنزیم **ATP** ساز وجود دارد که به ازاء انتشار پروتون ها از تیلاکوییید به بستره، **ATP** می سازد.
- آنزیم **ATP** ساز، H^+ ها را به روش انتشار تسهیل شده از درون تیلاکوییید به بستره جا به جا می کند پس **pH** درون تیلاکوییید را افزایش و **pH** بستره را کاهش می دهد.

- آنزیم **ATP** ساز، تولید **ATP** و مصرف فسفات و **ADP** را به سمت بستره انجام می دهد (غلظت فسفات را در بستره کاهش می دهد).
  - آنزیم**ATP** ساز غشاء تیلاکوییید مشابه آنزیم **ATP** ساز غشاء درونی راکیزه (میتوکندری) است.
- عوامل زیر شیب غلظتی پروتون بین بستره و تیلاکوییید را افزایش می دهند:

1- عضو دوم زنجیره اول **2**- تجزیه آب توسط فتوسیستم**2** **3**- عضو دوم زنجیره دوم

- آنزیم **ATP** ساز، شیب غلظتی پروتون بین بستره و تیلاکوییید را کاهش می دهد.
  - **ATP** و **NADPH** تولید شده ، در مرحله بعد (چرخه کالوین) استفاده می شود.
- تولید **ATP** نتیجه غیرمستقیم فعالیت زنجیره اول است.
- تولید **NADPH** نتیجه مستقیم فعالیت زنجیره دوم است.
- **NADPH** همانند **ATP** به سمت بستره تولید می شود.
  - پروتون ها فقط از طریق آنزیم **ATP** ساز می توانند از درون تیلاکوییید به بستره منتشر شوند.
  - ساخته شدن **ATP** در کلروپلاست، حاصل فرآیندهایی است که با نور به راه می افتد، پس به آن، ساخته شدن نوری **ATP** می گویند.

- واکنش های مستقل از نور: واکنش های تثبیت کربن (چرخه کالوین):
  طی واکنش هایی و به تدریج مولکول های CO_2 به قند تبدیل می شوند.

- برای تبدیل CO_2 به قند ، به انرژی و الکترون نیاز است:
  NADPH تولید شده در مرحله قبل، الکترون و انرژی تأمین می کند.
  ATP تولید شده در مرحله قبل فقط انرژی تأمین می کند.

- عدد اکسایش اتم کربن در مولکول قند نسبت به کربن در CO_2 کاهش یافته است.
  به این معنی که هنگام تبدیل CO_2 به قند ، این کربن دچار کاهش (احیاء) شده است.

- **NADPH** و **ATP** (منابع الکترون و انرژی) در مرحله قبل یعنی واکنش های وابسته به نور تولید شده اند.
- مجموعه واکنش های چرخه کالوین در محل بستره (استروما) درون کلروپلاست انجام می شوند.

✍ محل انجام چرخه کالوین و محل همانندسازی **DNA** حلقوی و رونویسی ژن های **DNA** حلقوی کلروپلاست یکی است (بستره). ضمناً در این محل ریبوزوم وجود دارد پس پروتئین سازی نیز انجام می شود.

- **چرخه کالوین:**

1- شش مولکول CO_2 به شش مولکول ریبولوزبیس فسفات اضافه شده و شش مولکول شش کربنی(دو فسفاته) ناپایدار به وجود می آید (این واکنش توسط آنزیم روبیسکو کاتالیز می شود).

2- سپس این ترکیب شش کربنی دوفسفاته به دلیل ناپایداری به دو اسید سه کربنی یک فسفاته تجزیه می شود.

3- این اسیدهای سه کربنی به قندهای سه کربنی تبدیل می شوند.

- نام کامل روبیسکو: ریبولوز بیس فسفات کربوکسیلاز-اکسیژناز.
- آنزیم روبیسکو دو نوع فعالیت دارد: الف- کربوکسیلازی ب- اکسیژنازی.

الف- فعالیت کربوکسیلازی:

ایجاد پیوند کووالانسی بین یک مولکول CO_2 و یک مولکول پنج کربنی دوفسفاته و تولید مولکول شش کربنی دو فسفاته ناپایدار (در فتوسنتز) .

ب- فعالیت اکسیژنازی:

ترکیب کردن مولکول **O2** با یک مولکول پنج کربنی دوفسفاته و تولید مولکول پنج کربنی دوفسفاته اکسید شده ناپایدار (در تنفس نوری).

- محصولات آنزیم روبیسکو در هر صورت، ناپایدار هستند و به دو مولکول کوچک تر پایدار تجزیه می شوند:

1- مولکول شش کربنی دو فسفاته (در مسیر کربوکسیلازی)

2- مولکول پنج کربنی دو فسفاته (در مسیر اکسیژنازی)

- محصولات آنزیم روبیسکو همیشه دوفسفاته هستند.
- C_6P_2 تولید شده توسط روبیسکو در چرخه کالوین به دو مولکول C_3P_1 تجزیه می شود.
- C_5P_2 اکسید شده توسط روبیسکو در تنفس نوری به دو مولکول C_3P_1 و C_2P_1 تجزیه می شود.

✍ مولکول های شش کربنی دوفسفاته همیشه ناپایدار هستند که همیشه به دو مولکول سه کربنی تک فسفاته تجزیه می شوند:

1- در مرحله یک گلیکولیز ص **66**

2-در مرحله یک چرخه کالوین ص**84**

✍ به ازاء تولید و سپس خروج دو مولکول قند سه کربنی:

الف- مواد زیر مصرف می شوند: **12NADPH - 18ATP - $6CO_2$**

ب- مواد زیر تولید می شوند: **$12NADP^+$ -18ADP- 18P** (حاصل از تجزیه **18ATP** و **12NADPH**)

✍ دقت شود که برای بازسازی **6** مولکول ریبولوزبیس فسفات، در پایان، **6ATP** تجزیه می شود و **6** فسفات حاصل به ترکیبات **C_5P_1** اضافه می شوند.

- در چرخه کالوین **12** مولکول قند سه کربنی تولید می شود. دو مولکول چرخه را ترک می کنند. اما ده مولکول قند دیگر در چرخه می مانند تا صرف بازسازی مولکول های ریبولوزبیس فسفات اولیه شوند.
- واکنش های چرخه کالوین مستقل از نور هستند اما انجام آنها وابسته به موادی است که از محصولات واکنش های نوری هستند (**ATP** و **NADPH**)

- تثبیت **CO_2**: فرآیند استفاده از **CO_2** برای تشکیل ترکیبات آلی (مثلاً چرخه کالوین).
- تثبیت **CO_2** به روش های مختلفی انجام می شود که چرخه کالوین فقط یکی از آن ها است.
- گیاهان **C_3** :

گیاهانی که تثبیت **CO_2** در آن ها فقط به روش چرخه کالوین انجام می شود. دلیل نامگذاری آن ها این است که اولین ماده آلی پایدار که می سازند، سه کربنی است (مواد سه کربنی حاصل از تجزیه مواد شش کربنی ناپایدار).

- عوامل محیطی مؤثر بر فتوسنتز:

1- میزان O_2 **2**- میزان CO_2 **3**- دما

4- طول موج نور تابیده شده **5**- شدت تابش نور **6**- مدت زمان تابش نور

- واکنش های فتوسنتز توسط آنزیم های مختلف کاتالیز می شوند پس همانند سایر آنزیم ها در محدوده دمایی خاصی انجام می شوند.

✍ فعالیت **4** صفحه **85** :

میزان O_2 هوا با شدت و سرعت فتوسنتز رابطه عکس دارد. چون در تراکم بالای O_2 ،آنزیم روبیسکو فعالیت اکسیژنازی پیدا می کند و تنفس نوری انجام میدهد یعنی چرخه کالوین را کاتالیز نمی کند.

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبلی

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبلی

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبلی

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبلی

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبلی

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبلی

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبلی

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبلی

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبلی

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبلی

جزوه سطح A (نکات مهم تر) پس از تدریس در کلاس حضوری یا مجازی .
در صفحات پایان هر گفتار نوشته خواهد شد

گفتار سوم – فتوسنتز در شرایط دشوار

- افزایش بیش از حد دما و نور سبب بسته شدن روزنه های هوایی می شود.

✍ مکانیسم باز شدن روزنه هوایی :

1- انتقال فعال ساکاروز و K^+ و Cl^- به درون یاخته های نگهبان و کاهش پتانسیل آب در آنجا
2- ورود آب با اسمز
3- تورژسانس یاخته های نگهبان
4- فاصله گرفتن دو یاخته نگهبان از یکدیگر
5- باز شدن روزنه هوایی

✍ مکانیسم بسته شدن روزنه هوایی برعکس موارد بالا است
(مثلاً ساکاروز و K^+ و Cl^- با انتشار یاخته های نگهبان خارج می شوند)

✍ دو مورد به باز و بسته شدن روزنه هوایی کمک می کنند:

1- آرایش شعاعی رشته های سلولز
2- ضخیم تر بودن دیواره شکمی از دیواره پشتی

- در فتوسنتز O_2 تولید و CO_2 مصرف می شود. انجام فتوسنتز، تراکم O_2 در برگ را افزایش و تراکم CO_2 را کاهش می دهد. در پی باز شدن روزنه هایی هوایی، O_2 از برگ خارج و CO_2 به برگ وارد می شود.

- آنزیم روبیسکو دو نوع فعالیت دارد:

الف- اگر O_2 زیاد و CO_2 کم باشد، روبیسکو خاصیت اکسیژنازی پیدا می کند و O_2 را با ریبولوزبیس فسفات ترکیب می کند. ریبولوزبیس فسفات اکسید شده ناپایدار است و به دو ترکیب سه کربنی و دوکربنی تجزیه می شود.

ب-اگر O_2 کم و CO_2زیاد باشد، روبیسکو خاصیت کربوکسیلازی پیدا می کندو CO_2را با ریبولوزبیس فسفات ترکیب می کند و ماده شش کربنی ناپایدار را تولید می کند که به دو ماده سه کربنی تک فسفاته تجزیه می شود.

- **تنفس نوری:**

آنزیم روبیسکو با فعالیت اکسیژنازی، C_5P_2 را اکسید می کند که ناپایدار است و به دو ماده C_3P_1 و C_2P_1 تجزیه می شود. C_3P_1 صرف بازسازی C_5P_2 می شود اما C_2P_1 از کلروپلاست خارج شده و در واکنش هایی شرکت می کند که بخشی از آن در میتوکندری انجام می شود و در طی آن CO_2 آزاد می شود.

- دلیل نامگذاری تنفس نوری:

1- همراه با فتوسنتز است (که نور مصرف می شود)

2- در طی آن O_2 مصرف و CO_2 تولید می شود (شبیه به تنفس هوازی)

- آنچه که تعیین می کند که روبیسکو چه فعالیتی را انجام دهد، تراکم دو گاز O_2 و CO_2 درون برگ است.

یعنی اگر O_2 زیاد باشد از آن استفاده می کند (فعالیت اکسیژنازی)

و اگر CO_2 زیاد باشد، از آن استفاده می کند (فعالیت کربوکسیلازی

- شباهت های تنفس یاخته ای هوازی و تنفس نوری :

1- ماده آلی تجزیه می شود

2- O_2 مصرف و CO_2 تولید می شود

3- بخشی از واکنش ها در میتوکندری انجام می شود

- تفاوت: در تنفس نوری برخلاف تنفس یاخته ای ، ATP تولید نمی شود.

- تنفس نوری و خاصیت اکسیژنازی روبیسکو به زیان گیاه است چون مانع انجام چرخه کالوین شده و محصولات فتوسنتز کاهش می یابد.

- گیاه در نور شدید و دمای بالا ، روزنه های هوایی را می بندد تا تبخیر آب را کاهش دهد اما با این کار و همزمان با فتوسنتز، در برگ، O_2 افزایش و CO_2 کاهش می یابد که نتیجه آن تنفس نوری است.

- دو گروه از گیاهان در نور شدید و دمای بالا بر تنفس نوری غلبه می کنند:

1- گیاهان C_4 **2**- گیاهان **CAM**

- در گیاهان C_4 ، یاخته های غلاف آوندی برگ، دارای کلروپلاست هستند و فتوسنتز می کنند، اما در گیاهان C_3 چنین نیست.

- **روش گیاهان C_4 برای غلبه بر تنفس نوری:**

وقتی تراکم CO_2 پایین است، مولکول های پراکنده CO_2 را از یاخته های میان برگ جمع آوری کرده و به یاخته های غلاف آوندی می فرستد، در نتیجه تراکم CO_2 در یاخته های غلاف آوندی بالا رفته و آنزیم روبیسکو فعالیت کربوکسیلازی انجام می دهد (انجام چرخه کالوین و فتوسنتز)

- گیاهان C_4 در دو مرحله، کربن را تثبیت می کنند:

1- در یاخته های میان برگ **2**- در یاخته های غلاف آوندی

- مراحل راه کار گیاهان C_4 در غلبه بر تنفس نوری:

1- تثبیت اولیه CO_2 : درون یاخته های میان برگ، CO_2 با یک اسید سه کربنی واکنش داده و اسیدی چهارکربنی ایجاد می شود.

2- اسید چهار کربنی از راه پلاسمودسم ها، از یاخته های میان برگ به یاخته های غلاف آوندی منتقل می شود.

3- در یاخته غلاف آوندی، اسید چهار کربنی به CO_2 و اسید سه کربنی تجزیه می شود (اسید سه کربنی به یاخته های میان برگ برمی گردد تا با CO_2 دیگری ترکیب شود)

4- CO_2 توسط روبیسکو به چرخه کالوین وارد می شود (چون تراکم CO_2 بالا رفته است) در این مرحله، روبیسکو، تثبیت ثانویه CO_2 را انجام می دهد.

- تثبیت اولیه CO_2 در یاخته های میان برگ و توسط آنزیمی کاتالیز می شود که به طور اختصاصی به CO_2 تمایل دارد و با $O2$ واکنش نمی دهد، پس در غلظت های پایین CO_2 نیز عمل می کند.

- تثبیت ثانویه CO_2 در یاخته های غلاف آوندی، همان مرحله اول چرخه کالوین است که توسط آنزیم روبیسکو کاتالیز می شود.

- دلیل نامگذاری گیاهان C_4 : در تثبیت اولیه CO_2 ، اولین ماده پایدار که تولید می شود، دارای چهار کربن است.

- در گیاهان C_4 نیز تنفس نوری رخ می دهد اما به ندرت.

- با توجه به راه کار گفته شده و دو مرحله تثبیت CO_2 در دو یاخته متفاوت، میزان CO_2 در محل فعالیت روبیسکو به حدی بالا نگه داشته می شود که این آنزیم فعالیت کربوکسیلازی داشته باشد (تنفس نوری انجام نمی شود).

- در دماهای بالا، نور شدید و کمبود آب ، که روزنه های هوایی بسته اند (تا آب تبخیر نشود) ، گیاهان C_4 کارآیی بالایی دارند (چون بر تنفس نوری غلبه می کنند) و به خوبی رشد می کنند.

- گیاهان **CAM** :

1- بعضی گیاهان جزء این گروه هستند

2- در مناطقی زندگی می کنند که کمبود آب ، دمای بالا و نور شدید وجود دارد

3- برای ممانعت از تبخیر آب و هدر رفتن آن ، در طول روز، روزنه های هوایی را می بندند

4- هنگام شب (در فقدان نور و دمای پایین) ، روزنه های هوایی را باز می کنند تا CO_2 وارد برگ شود

5- در گیاهان **CAM** ، برگ یا ساقه و یا هردوی آنها پرآب و گوشتی هستند

6- در کریچه هایشان ، ترکیباتی دارند که آب را نگه می دارند

✍ در گیاهان **CAM** همانند گیاهان C_3 ، تثبیت CO_2 فقط در یک محل (درون یاخته میانبرگ) انجام می دهند.
اما گیاهان C_4 در دو محل و دو مرحله (یاخته میانبرگ و یاخته غلاف آوندی)

✍ گیاهان **CAM** و C_4 دو مرحله تثبیت CO_2 دارند اما گیاهان C_3 فقط در یک مرحله.

- در گیاهان **CAM** :

1- تثبیت اولیه CO_2 ($C_3 + CO_2 \rightarrow C_4$) و تولید اسید چهارکربنی هنگام شب انجام می شود.

2- تثبیت ثانویه CO_2 (چرخه کالوین) هنگام روز.

- آناناس نوعی گیاه **CAM** است.

- هنگام تثبیت اولیه ، روزنه های هوایی بازند (هنگام شب).

- هنگام تثبیت ثانویه ، روزنه های هوایی بسته اند (هنگام روز).

- بخش عمده فتوسنتز توسط موجودات زنده ای انجام می شود که هر دو ویژگی زیر را دارند:

1- درون آب زندگی می کنند **2**- گیاه نیستند (مثلاً انواعی از باکتری ها و آغازیان)

- آغازیان همگی یوکاریوت هستند پس دو نوع **DNA** خطی و حلقوی را دارند.
- آغازیان همانند سایر یوکاریوت ها دارای چرخه یاخته ای هستند.
- در فرمانرو آغازیان برخلاف باکتری ها، میتوز و میوز دیده می شود.
- فرمانرو آغازیان برخلاف باکتری ها، کلروپلاست و میتوکندری دارند.
- در باکتری ها، رنگیزه های جذب کننده نور در غشاء پلاسمایی قرار دارند.

- دو نوع رنگیزه در باکتری ها :

1- کلروفیل **a** در سیانوباکتری ها **2**- باکتریو کلروفیل در باکتری های گوگردی.

- باکتری های فتوسنتز کننده اکسیژن زا :همان سیانو باکتری ها هستند که همانند گیاهان :

1- CO_2 و آب مصرف می کنند

2- O_2 و ماده آلی تولید می کنند

3- منبع انرژی آنها نور خورشید است

4- کلروفیل **a** دارند

5- دلیل نامگذاری این باکتری ها :همانند گیاهان در فرآیند فتوسنتز، گاز اکسیژن تولید می کنند

- باکتری های فتوسنتز کننده غیر اکسیژن زا: مثلاً باکتری های گوگردی ارغوانی و گوگردی سبز هستند:

1- CO_2 و H_2S مصرف می کنند

2- گوگرد و ماده آلی تولید می کنند

3- منبع انرژی آنها نور خورشید است

4- باکتریو کلروفیل دارند

✍ منبع الکترون :

1- در گیاهان و سیانو باکتری ها آب است

2- در باکتری های گوگردی H_2S است

3- در باکتری های غیرگوگردی مواد دیگر مثلاً آمونیاک است

- در تصفیه فاضلاب برای حذف هیدروژن سولفید از باکتری های گوگردی استفاده می کنند
- هیدروژن سولفید گازی بی رنگ است اما بویی شبیه تخم مرغ گندیده دارد.

- واکنش فتوسنتز در باکتری های گوگردی:

$$6CO_2 + 12H_2S \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 12S + 6H_2O$$

- گروهی از آغازیان، فتوسنتز می کنند (تبدیل مواد معدنی به ماده آلی با کمک انرژی نور خورشید)
- مثال هایی از آغازیان فتوسنتز کننده: 1- اوگلناها 2- انواع جلبک ها (قهوه ای، قرمز و سبز)
- اوگلنا جانداری تک یاخته ای است.

- اوگلناها در حضور نور فتوسنتز می کنند اما در غیاب نور، سبزدیسه ها (کلروپلاست ها) را از دست می دهند و هتروتروف می شوند (از مواد آلی ساخته شده توسط سایر موجودات تغذیه می کنند).

✍ اوگلنا تک یاخته ای است پس فاقد بافت، اندام و دستگاه است و جمعیت آن از تعدادی یاخته مجزا تشکیل شده است.

- **شیمیوسنتز**: تولید مواد آلی از مواد معدنی با استفاده از انرژی حاصل از واکنش های شیمیایی به ویژه اکسایش ترکیبات معدنی (غیرآلی).
- مثالی از شیمیوسنتزکننده ها: باکتری های نیترات ساز (تبدیل کننده آمونیوم به نیترات)
- باکتری های شیمیوسنتزکننده از قدیمی ترین جانداران روی زمین هستند
- زیستگاه های باکتری های شیمیوسنتزکننده:

1- اطراف دهانه آتشفشان های زیر آب **2**- اعماق اقیانوس ها **3**- معادن

- این باکتری ها بدون نیاز به نور، از CO_2 ، مواد آلی می سازند.
- بسیاری از جانداران نمی توانند در زیستگاه های این باکتری ها زندگی کنند.
- عقیده دانشمندان بر اینکه باکتری های شیمیوسنتزکننده از قدیمی ترین جانداران کره زمین هستند بر پایه وضعیت زمین در آغاز شکل گیری حیات استوار است.

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبری

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبری

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبلی

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبلی

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبلی

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبلی

❁ محل نوشتن نکات ترکیبی و مفهومی ⬇

(پس از یادگیری در کلاس حضوری یا مجازی)

مهری سنبری