التنفس Respiration

ان عملية التركيب الضوئي تنتج عنها السكريات فقط واهم السكريات التي تتكون هي الكلوكوز والفركتوز و70% سكروز. اما المواد الاخرى الموجودة في النبات فتنتج بعملية التنفس كالبروتينات والاحماض الدهنية والاحماض الامينية والاصباغ وغيرها. عليه فان عملية التنفس عملية هدم وبناء في نفس الوقت.

والتنفس عبارة عن سلسلة من عمليات الأكسدة والإختزال المتتابعة تتم في جميع الخلايا الحية وعن طريقها تحصل خلايا الكائن الحي على الطاقة اللازمة للإستفادة منها في جميع العمليات الحيوية المختلفة وكذلك في بناء مركبات جديدة لتستفيد منها الخلايا او لنبات، بمعنى أخر هو عملية أكسدة أو هدم للمواد العضوية المعقدة "الكربوهيدرات "إلى مواد بسيطة مع إنطلاق الطاقة المخزنة بها للإستفادة منها في جميع العمليات البنائية في الخلايا والنبات، ويرمز له بالمعادلة الإجمالية التالية:

$$C6H12O6 + 6O2 + 38\ ADP + 38\ Pi \longrightarrow 6CO2 + 6H_2O + 38\ ATP$$

وينقسم التنفس إلى نوعين هما:

1. **التنفس الهوائي: Aerobic respiration** يحدث في وجود أكسجين الهواء الجوي (O2) وفيه يتم أكسدة جزئ السكر السداسي مثل الجلوكوز أكسدة كاملة إلى CO_2 وماء H_2O مع إنطلاق جميع الطاقة المخزنة فيه والمعادلة السابقة توضح ذلك.
2. **التنفس اللاهوائي Anaerobic respiration أو التخمر** :Fermentation وفيه يتم هدم السكريات السداسية في غياب أكسجين الهواء الجوي، وهو نادر الحدوث في النباتات الراقية وإن حدث يكون لفترة وجيزة ولكنه يحدث في كثير من الكائنات الدقيقة وفي خلايا بعض عضلات الحيوان وتكون نواتجه هي $CO2$ + كحول أو حمض لاكتيك + كمية ضئيلة من الطاقة.

$$C6H12O6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + CO2 + energy(12\ kcal)$$

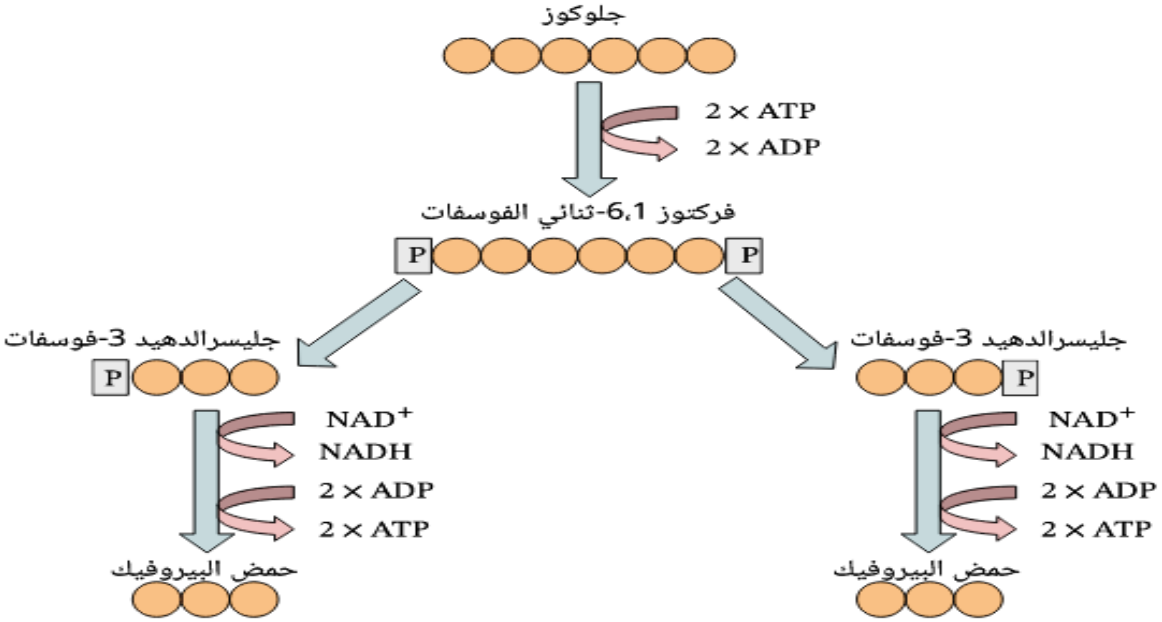
في حالة التخمر لا تتكون المادة العضوية المستعملة في التخمر في خلايا الكائنات الدقيقة نفسها، ولذا فإن هذه العملية تتم خارج الخلايا وهذا عكس التنفس الذي يحدث في خلايا النباتات الراقية، ورغم ذلك توجد علاقة مشتركة بين هذين النوعين من التنفس كما في المخطط التالى:

ميكانيكية التنفس Mechanism of respiration

تتم عملية هدم أو أكسدة المركبات العضوية المعقدة(الكربوهيدرا ت – الدهون - البروتينات)في النباتات الراقية داخل الخلايا الحية في المايتوكوندريا وتعرف بالأكسدة البيولوجية .وتتضمن عملية التنفس سلسلة من التفاعلات المتتابعة يتم خلالها أكسدة جزئ الكلوكوز وإنطلاق الطاقة على دفعات صغيرة حتى يمكن إستغلالها أول بأول في الخلية .

المرحلة الأولى :التحلل السكري (Glycolysis)

تتضمن سلسلة تفاعلات متتابعة يتم خلالها تحويل جزيء الكلوكوز الغنية بالطاقة إلى جزيئتين من حامض البايروفيك الفقيرة بالطاقة وهو الناتج النهائي التحلل السكري ، وتتم هذه التفاعلات في السيتوبلازم ولا تحتاج إلى توفر الأوكسجين (أي تحدث في وجود أو عدم وجودO_2) و ينتج عن هذه التفاعلات طاقة قليلة (2ATP) ، لذلك تدعى بالتنفس اللاهوائي وهي تفاعلات غير دائرية.



- تحطيم حامض البيروفيك :-

بعد تكوين حامض البايروفيك من أكسدة جزئ الكلوكوز يتم تحطيم جزئ حامض البيروفيك وفق مسارات مختلفة حسب وجود او غياب الاوكسجين وكما مبين .

1. يتحول الى كحول اثيلي و CO_2 بعملية التخمر.
2. يتحول الى حامض اميني مثل Alanine وكما في المعادلة التالية

Pyruvic acid + Glutamic acid ⟶ Alanine + Keto glutamic acid

وهذا التفاعل مهم لتكوين البروتينات

3. في حالة توفر الاوكسجين يدخل الحامض في دورة كربس

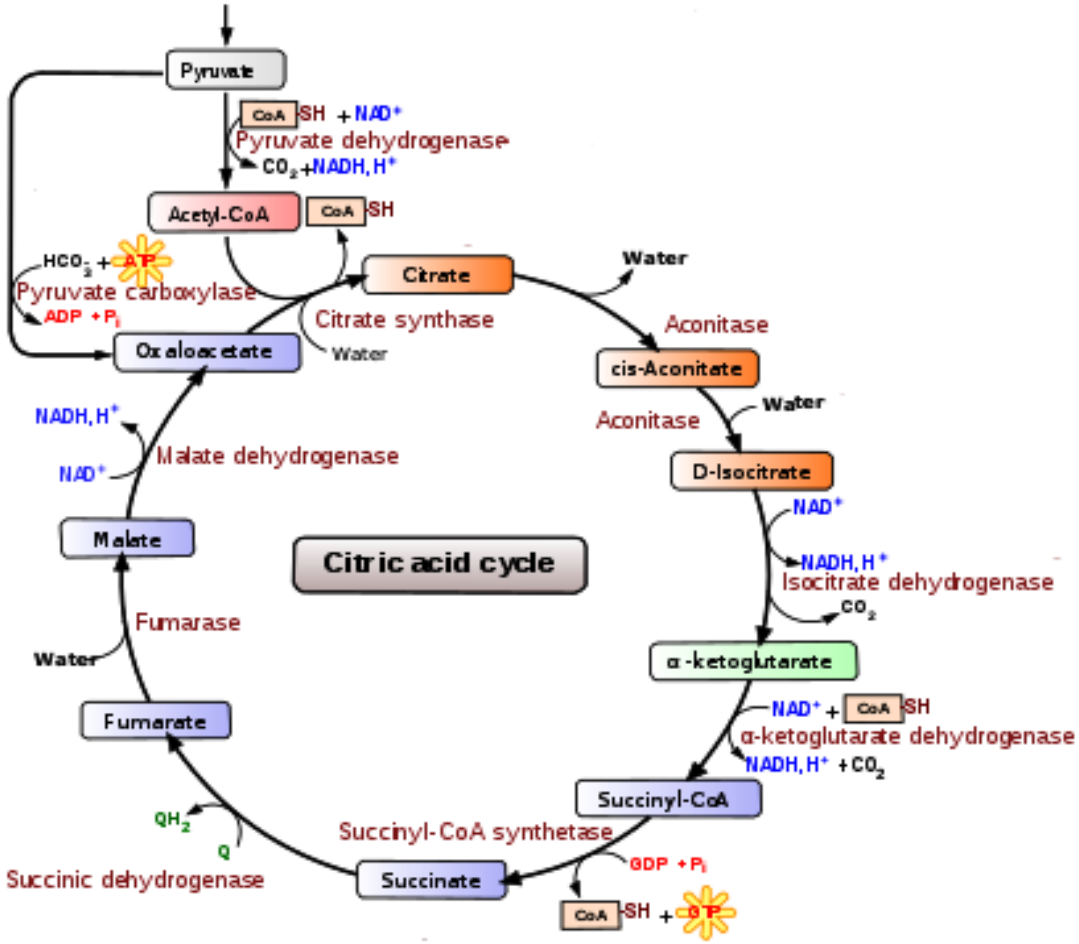
المرحلة الثانية :- دورة كربس Krebs cycle

وفيها تتحطم جزيئة حامض البايروفيك الى CO_2و H_2O وتمتاز بما ياتي :

1- احتياجها للاوكسجين
2- حدوثها في المايتوكوندريا
3- تحريرها للطاقه بنسبة اكبر من تحلل السكري

ويطلق على مجموع التفاعلات التي تؤكسد حامض البايورفيك كليا ب Krebs cycle دورة كربس نسبة لمكتشفها العالم الانكليزي (Kreb) وتسمى ايضا بدورة حامض الستريك citric acid cycle بسب وجود المركب citric acid كمركب وسطي في هذه الدورة . كما ان هذه الدورة قد تسمى بدورة الحامض ثلاثي الكاربوكسيل بسبب ان بعض الحوامض في هذه الدورة هي حوامض ثلاثية المجميع الكاربوكسيل.

ان اكسدة جزيئة واحده من الكلوكوز بطريقه التحلل السكري ودورة كربس يتكون جزيئيتين من حامض البايروفيك وكل جزيئيه تحرر ثلاث جزيئات من co2 واربع من جزيئات من NADH+Hوجزيئه واحدة من FADH2



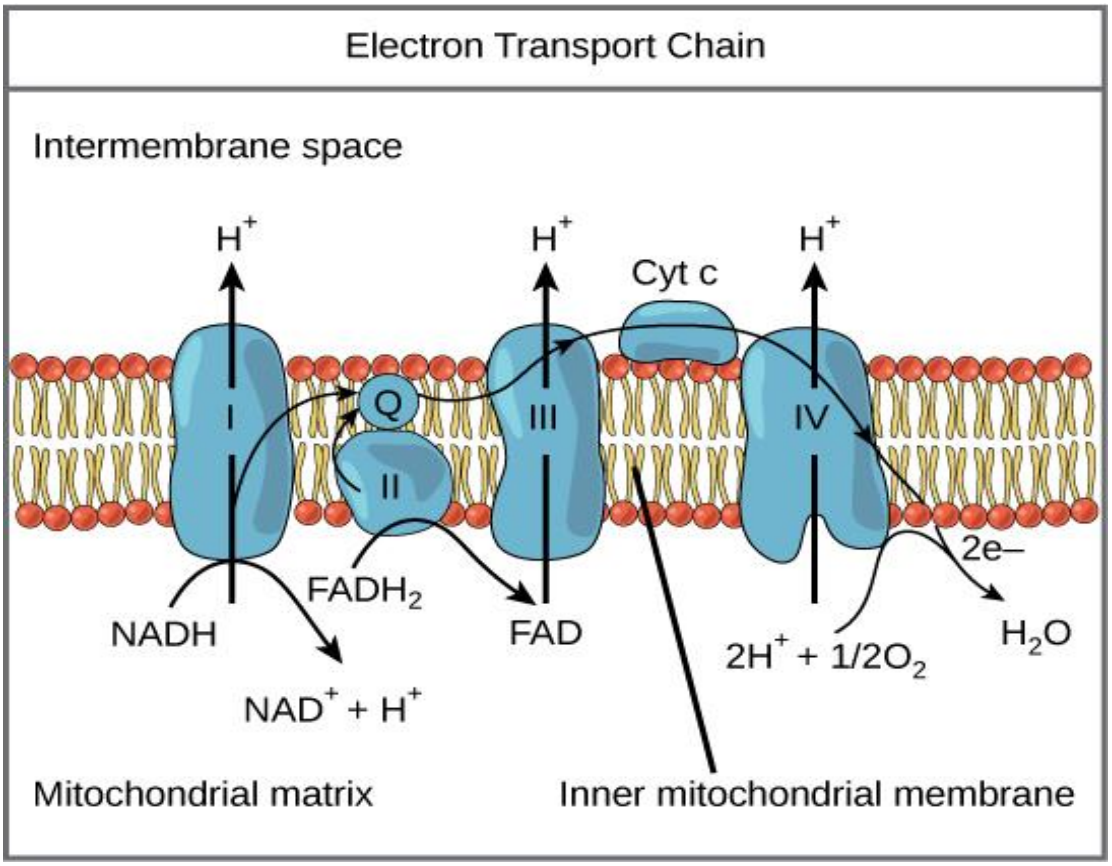
اهمية دورة كربس

1- مصدر لتكوين البروتينات والاحماض الامينيه
2- مصدر للطاقه بشكل ATP
3- مصدر لتكوين القوة الاختزاليه بشكل NADH+H
4- تكوين المركبات الحيويه المهمه في كائنات الحيه مثل صبغات البورفرين والكورفيل والسايتوكرومات والفايتوكرومات

المرحلة الثالثة :- سلسلة انتقال الالكترونات Electro transport chain

ان ذرات الهيدروجين في (NADH+H) النتائجة من التحلل السكري ودورة كربس لا تستيطع الاتحاد المباشر بالاوكسجين لتكوين الماء اذ يجب ان تمر بسلسلة في التفاعلات في المايتوكندريا في اجزاء دقيقة تسمى Oxysomes المرتبطة بالغشاء الداخلي للمايتوكندريا ان الـ (NADH+H) تفقد الالكترونات التي اكتسبتها من المواد المتفاعلة ثم تحولها الى FAD وبذلك تصبح مؤكسدة وتستطيع اكتساب الكترونين جديدين من المواد المختلفة بمساعدة انزيم dehydrogenase.

ترافق سلسة نقل الاكترونات عملية حيوية تسمى الفسفرة التاكسدية وبواسطة هذه العملية فان الطاقة الناتجة من انتقال الالكترونات تعمل على ربط جزيئة الفسفور بـ ADP لتكوين ATP.



العوامل المؤثره في التنفس

1. درجة الحرارة:- يزداد معدل التنفس بزيادة درجة الحرارة ويعتقد بان اعلى معدل تنفس يحصل بين درجتي 35 - 45 م ، كما ان انخفاض درجه الحرارة يقلل من معدل التنفس وهذا يعتمد على نوعية النبات ومدى تأقلمه للبيئة.
2. الاوكسجين : ان وجود او عدم وجود الاوكسجين يحدد نوع التنفس هل هو هوائي ام لاهوائي وهو ضروري جدا لاكسدة مادة التنفس .
3. ثاني اوكسيد الكاربون :

زيادة تركيزه يؤدي الى خفض معدل التنفس ويحتمل بان Co_2 في التركيز العالي يؤدي الى غلق الثغور وبذلك يمنع تبادل الغازات.

4. الضوء : - ان الضوء يزيد من تركيز السكر عن طريق عملية التمثيل الضوئي وهذا يؤدي الى زيادة معدل التنفس
5. تركيز مادة التنفس : تتوقف عملية التنفس على وجود مادة التنفس (سكريات)فكلما ازدادت ازداد معدل التنفس
6. نوع وعمر النبات : - يختلف معدل التنفس باختلاف النباتات وذلك لوجود اختلافات مورفولوجية بين هذه النباتات . وكلما تقدم النبات بالعمر قل معدل تنفسه بسبب قلة فعالية الانزيمات.
7. الجروح والاضرار الميكانيكية الاخرى:-

ان خدش النباتات يسبب زيادة معدل التنفس وكذلك الذبول الشديد يسبب زيادة معدل التنفس ، ايضا مبيدات الاعشاب والإصابة بالأمراض الطفيلية تسبب زيادة معدل التنفس وخاصه قرب الأنسجة المصابة

8. العناصر الغذائية وبعض المواد السامة

بعض الايونات مثل (K^+) يزيد من معدل التنفس وان(CN^-) تقلل من معدل التنفس وقد يعزى ذلك الى ان المواد الكيميائية قد تحفز او تثبط عمل الانزيمات الداخلة في التنفس

9. نسبة الرطوبة في النسيج لنباتي

وجد ان زيادة نسبة رطوبة البذور حتى 14% تسبب ارتفاعا واضحا في معدل تنفسها وبالتالي تتدهور البذور وتتلف لكون عملية التنفس هي عملية هدم للطاقة بالاضافة الى ما يصحبها من ارتفاع في درجة الحرارة ولهذا ينصح بجعل رطوبة البذور عند خزنها ان تصل الى الحد الادنى وهو 4% حتى يقل معدل التنفس .

الفروقات الموجودة بين التنفس اللاهوائي والتنفس الهوائي

ت	التنفس اللاهوائي	التنفس الهوائي
1	يحدث في السايتوبلازم	يحدث في المايتوكوندريا
2	غير اقتصادي في انتاج الطاقه للخليه	اقتصادي في انتاج الطاقه للخليه
3	انتاج 2ATPمن كل جزيئه سكر	انتاج 3ATPمن جزئية سكر
4	عدم الحاجه للاوكسجين	يحدث بوجود الاوكسيجين
5	كفاءة 30%	الكفاءه 70%
6	ينتج عنه كحول الاثيلي	ينتج عنهCO_2وH_2Oومركبات ذات طاقه عالية

المصادر

- اساسيات فسيولوجيا النبات ، 2008 ، حشمت سليمان الدسوقي
- عماد فسيولوجيا النبات ، 1998 ، عمادالدين وصفي
- الأسس العلمية لادارة وإنتاج وتحسين المحاصيل الحقلية ، 2018 ، اياد حسن علي و محمد عويد غدير