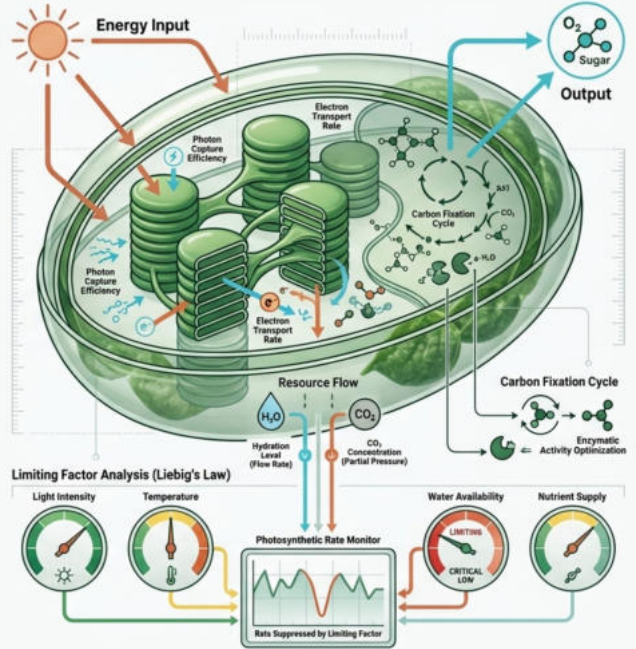


Fotosentez Hızını Etkileyen Çevresel Faktörler

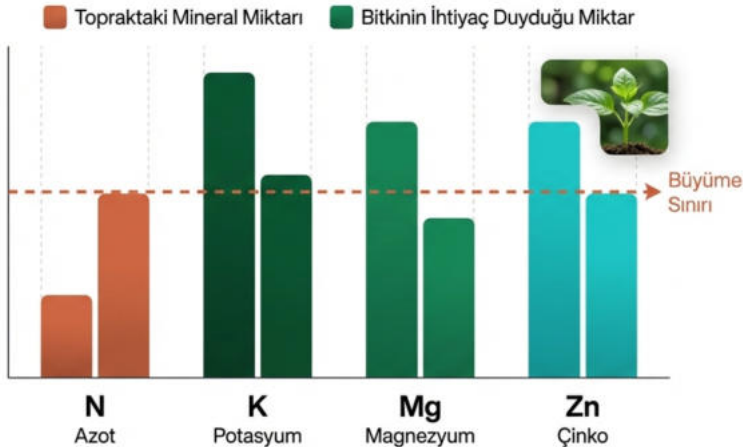
Biyolojik Verimliliğin Analizi ve Minimum Yasası

Fotosentez, bitkisel yaşamın motorudur. Ancak bu motorun çalışma hızı tek bir değişkene değil, ışık, sıcaklık, su ve mineral gibi birçok çevresel faktörün hassas dengesine bağlıdır. Bu sunumda, bu biyolojik makinenin hızını belirleyen fiziksel ve kimyasal parametreleri inceleyeceğiz.



Sistemin Hız Limiti: Minimum Yasası

Mineral Kısıtlaması ve Büyüme



Bir biyolojik sistemin hızı, en bol bulunan kaynağa göre değil, miktarı en az olan faktöre göre belirlenir.

Buna **Minimum Yasası** denir.

Key Insight:

Ortamda ışık ve su mükemmel seviyede olsa bile, eğer mineral miktarı (örneğin Azot) yetersizse, fotosentez hızı o mineralin izin verdiği seviyede kilitlenir. Zincir, en zayıf halkası kadar güçlüdür.

Enerji Girdisi: Işık Şiddeti



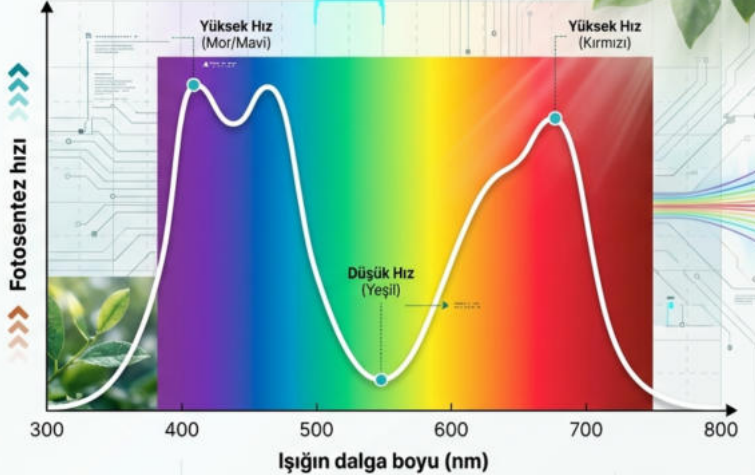
Işık, fotosentez motorunun yakıtıdır. Klorofil molekülünün ışığı soğurmasıyla reaksiyon başlar.

- Başlangıçta ışık şiddeti arttıkça fotosentez hızı artar.
- Ancak belirli bir noktadan sonra hız sabitlenir (Satürasyon).
- **Neden?** Çünkü ortamdaki diğer faktörler sınırlayıcı hale gelir ve sistem maksimum kapasiteye ulaşır.

Işığın Kalitesi: Dalga Boyu ve Spektrum

Fotosentez, 380-750 **nanometre** arasındaki görünür ışık spektrumunda gerçekleşir. Ancak **verimlilik** her renkte aynı değildir.

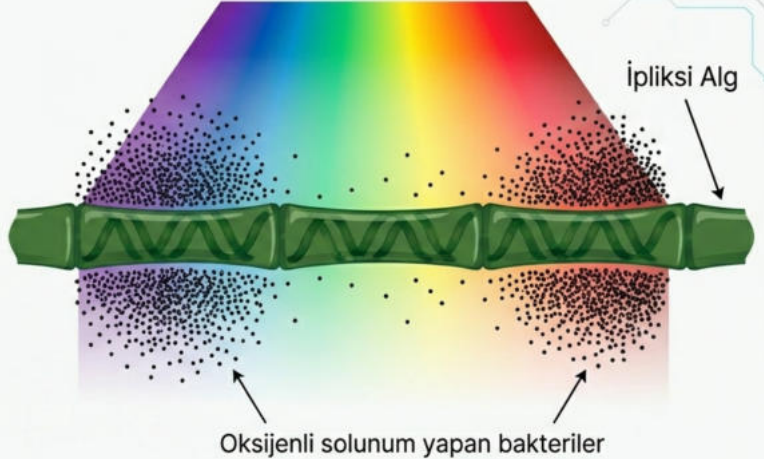
- **Yüksek Hız:** Klorofil en iyi mor, mavi ve kırmızı dalga boylarını **absorbe** eder.
- **Düşük Hız:** Yeşil ışık büyük oranda yansıtıldığı için fotosentez hızı en düşüktür.
- **Sıfır Hız:** Kızılötesi veya morötesi ışıklarda fotosentez gerçekleşmez.



Vaka Analizi: Engelmann Deneyi (1883)

Theodore Engelmann, ışığın dalga boyunun etkisini kanıtlamak için ipliksi bir alg (Spirogyra) ve oksijenli solunum yapan aerobik bakteriler kullanmıştır.

1. Işık bir prizmadan geçirilerek ipliksi alg üzerine düşürüldü.
2. **Aerobik bakteriler**, oksijen üretiminin en fazla olduğu mor, mavi ve kırmızı ışık bölgelerinde kümelenildi (Fototaksi).
3. Yeşil ışık bölgesinde bakteri yoğunluğu en azdı.

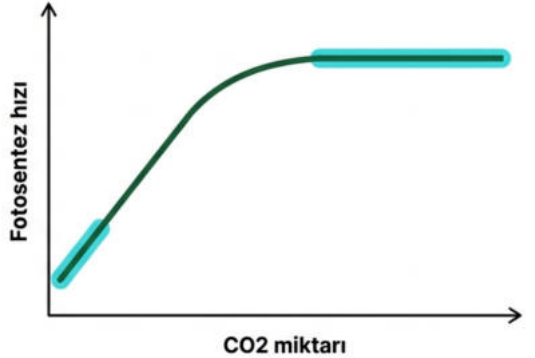


Karbon Kaynağı: CO2 Yoğunluğu

Karbondiyoksit, ışıktan bağımsız tepkimelerin ana ham maddesidir (**Substrat**).

Atmosferdeki CO2 oranı (~%0,03) genellikle sınırlayıcıdır.

- CO2 arttıkça hız belirli bir noktaya kadar artar, sonra sabitlenir.
- **İnhibisyon Riski:** Ortamda $Ca(OH)_2$ veya KOH gibi CO2 tutucular varsa, bu bileşikler gazı tepkimeye sokarak ortamdan çeker. Bu durum fotosentez hızını düşürür.



İnhibitörler: $Ca(OH)_2$, KOH , $NaOH$.

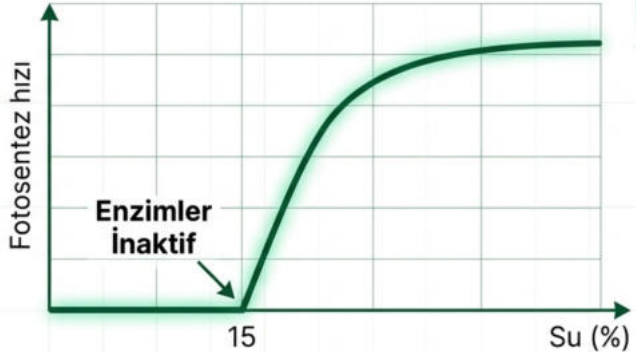


Metabolik Aktivasyon: Su Miktarı

Su, sadece bir çözücü değil, aynı zamanda fotosentez için **elektron** (e^-) ve **hidrojen** (H^+) kaynağıdır.

The 15% Rule

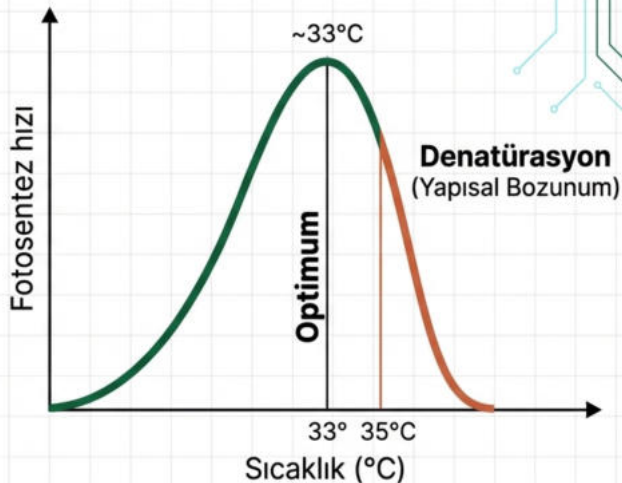
- Enzimlerin çalışabilmesi için ortamdaki **su oranı en az %15 olmalıdır**.
- Bu oranın altında enzimler **inaktif** duruma geçer ve **fotosentez durur**.
- Su miktarı arttıkça hız belirli bir doygunluğa kadar artar.



Termal Denge: Sıcaklık ve Enzim Yapısı

Fotosentez reaksiyonları enzimler aracılığıyla gerçekleşir, bu nedenle sıcaklık değişimlerine karşı çok hassastır.

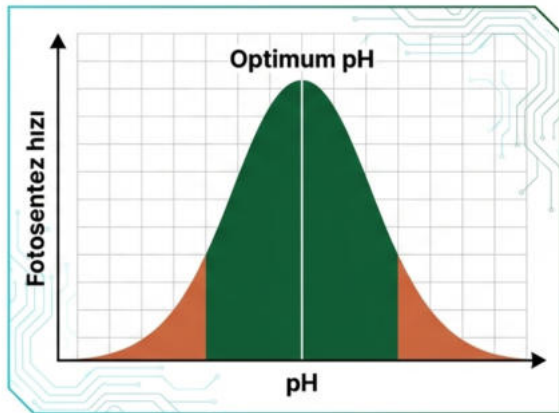
- **Artış Evresi:** Sıcaklık arttıkça moleküler hareketlilik artar, hız yükselir.
- **Optimum:** İdeal sıcaklık $\sim 33^{\circ}\text{C}$ civarındadır.
- **Denatürasyon:** $>35^{\circ}\text{C}$ 'de enzimlerin protein yapısı bozulur. Hız hızla düşer ve durur.



Kimyasal Denge: Ortam pH'sı

Her enzimin **optimum** çalıştığı belirli bir pH aralığı vardır. Bu aralığın dışına çıkılması, enzimin üç boyutlu yapısını bozarak katalitik aktiviteyi durdurur.

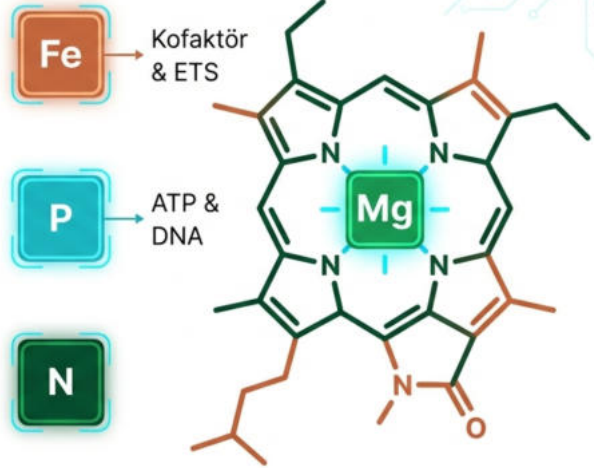
Asit yağmurları veya çevre kirliliği, bitkinin pH dengesini değiştirerek fotosentez verimliliğini doğrudan düşürür.



Yapısal Bileşenler: Mineraller

Mineraller, klorofil sentezi ve enerji transferi için zorunlu bileşenlerdir. Eksikliklerinde **Minimum Yasası** devreye girer.

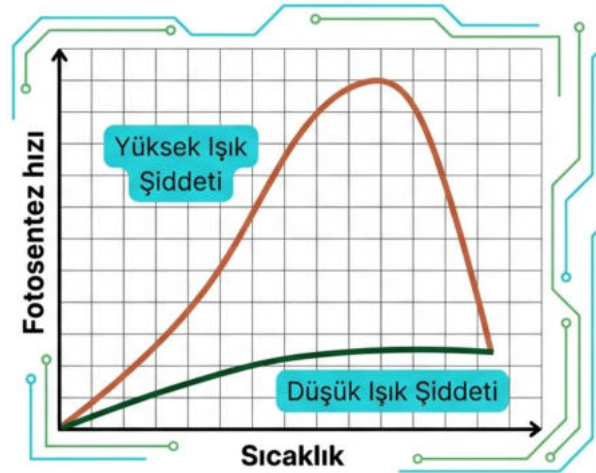
- **Magnezyum (Mg)**: Klorofilin merkez atomudur.
- **Demir (Fe)**: Klorofil sentezi için enzim **kofaktörü**dür ve ETS elemanıdır.
- **Fosfor (P)**: ATP ve nükleik asitlerin omurgasıdır.
- **Azot (N)**: Amino asit ve klorofil yapısında bulunur.



Çoklu Faktör Etkileşimi (Bileşik Etki)

Çevresel faktörler izole çalışmaz, birbirini etkiler.

- **Düşük Işık:** Sıcaklık artsa bile hız artmaz (Işık sınırlayıcıdır).
- **Yüksek Işık:** Sıcaklık artışı, **optimum** değere kadar hızı maksimize eder.
- **Sonuç:** Verimlilik, o anki en sınırlayıcı faktörün izin verdiği üst limit kadardır.



Biyolojik Terminoloji Sözlüğü

| | |
|----------------------|--|
| Optimum: | Bir reaksiyonun en iyi gerçekleştiği değer. |
| Denatürasyon: | Yüksek sıcaklık veya pH etkisiyle enzimin protein yapısının bozulması. |
| İnhibisyon: | Bir reaksiyonun durdurulması veya yavaşlatılması (Örn: CO2 tutucular). |
| Aerobik: | Oksijenli ortamda yaşayan/solunum yapan. |
| Absorbsiyon: | Işığın klorofil tarafından soğurulması/emilmesi. |
| Substrat: | Enzimin etki ettiği madde (Örn: CO2). |

Sonuç: Doğadaki Hassas Denge

Fotosentez hızı, tek bir girdinin değil, ışık spektrumundan mineral dengesine kadar birçok faktörün ortak sonucudur. Bu 'Biyolojik Makine', fizik ve kimya kurallarına (Minimum Yasası) sıkı sıkıya bağlıdır. Bu faktörlerin optimizasyonu, sadece bitki gelişimi için değil, dünyadaki **oksijen ve besin döngüsünün devamlılığı** için hayati önem taşır.