

SU YİTMESİ

Bitkilerde su başlıca iki şekilde yiter:

- (a) Buhar şeklinde su yitmesi ve**
- (b) Sıvı şekilde su yitmesidir.**

BUHAR ŞEKLİNDE SU YİTMESİ (TRANSPİRASYON)

Bitkilerden buharlaşma (*evaporasyon*) yoluyla suyun yitmesine *Transpirasyon* denir.

Ancak transpirasyon, bağımsız yüzeylerden yalnız olarak suyun buharlaşması (evaporasyonu) şeklinde düşünülmemelidir.

Transpirasyonda suyun gözeneklerden (stomalardan) ve yaprağın kütikula ile kaplı epidermisinden geçerek buhar şeklinde yitmesi söz konusudur.

Kısaca transpirasyon yalnız, basit fiziksel bir buharlaşma değil, fizyolojik ve yaşamsal etmenlerin de etkilediği karmaşık bir olaydır.

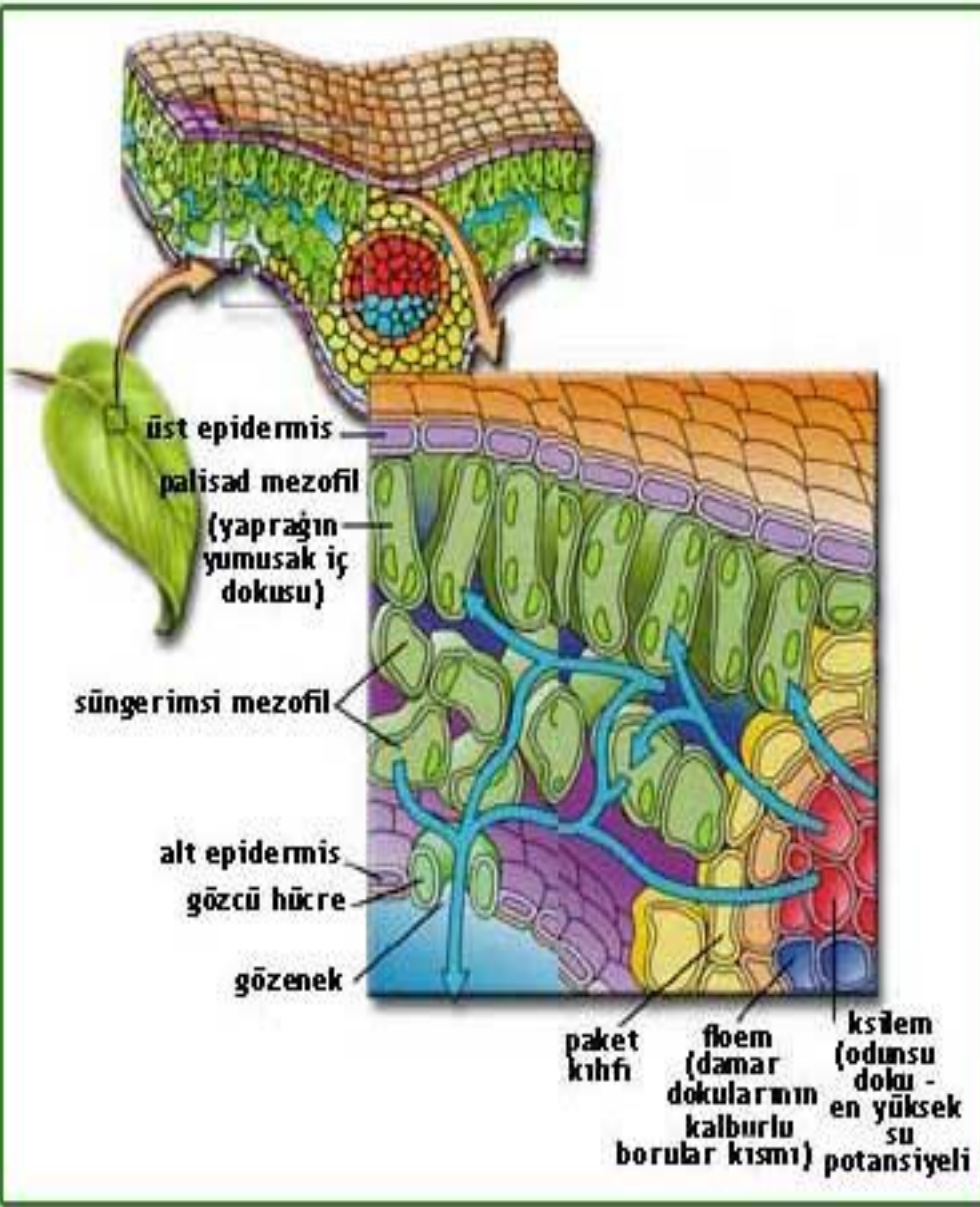
Bitki kökleri aracılığıyla topraktan alınan su, ksilem iletim dokusu ile yaprakların mezofil hücrelerine taşınmaktadır.

~~İnce duvarlı olan mezofil hücreleri, aralarındaki geniş boşluklar aracılığıyla hücre yüzeylerinden suyun buhar şeklinde yitmesi için çok uygun bir yapıya sahiptir.~~

Bu arada bitki yapraklarının epidermal yüzlerinin bir bölümünü de gözenek (*stoma*) adı verilen olağanüstü çok sayıda mikroskobik delikler kaplamıştır.

Yaprakların hücreler arası boşluklarına açılmak suretiyle stomalar yaprağın içi ile çevre arasında kesintisiz bir bağlantı sağlarlar.

Böylece transpirasyon, köklerle topraktan alınan, ksilem dokusu ile yapraklara taşınan ve mezofil hücrelerden gözenekler aracılığıyla buhar şeklinde yiten kesintisiz bir su akımıdır.



Bitki yaprakları transpirasyonun oluştuğu asal organdır. Yapraklarda transpirasyon, gözenekler (*Stomalar*) aracılığıyla olmaktadır. Buna **Gözeneksel Transpirasyon** denir. Genel olarak bitkilerde suyun % 90' ından fazlası gözeneksel transpirasyon ile yiter.

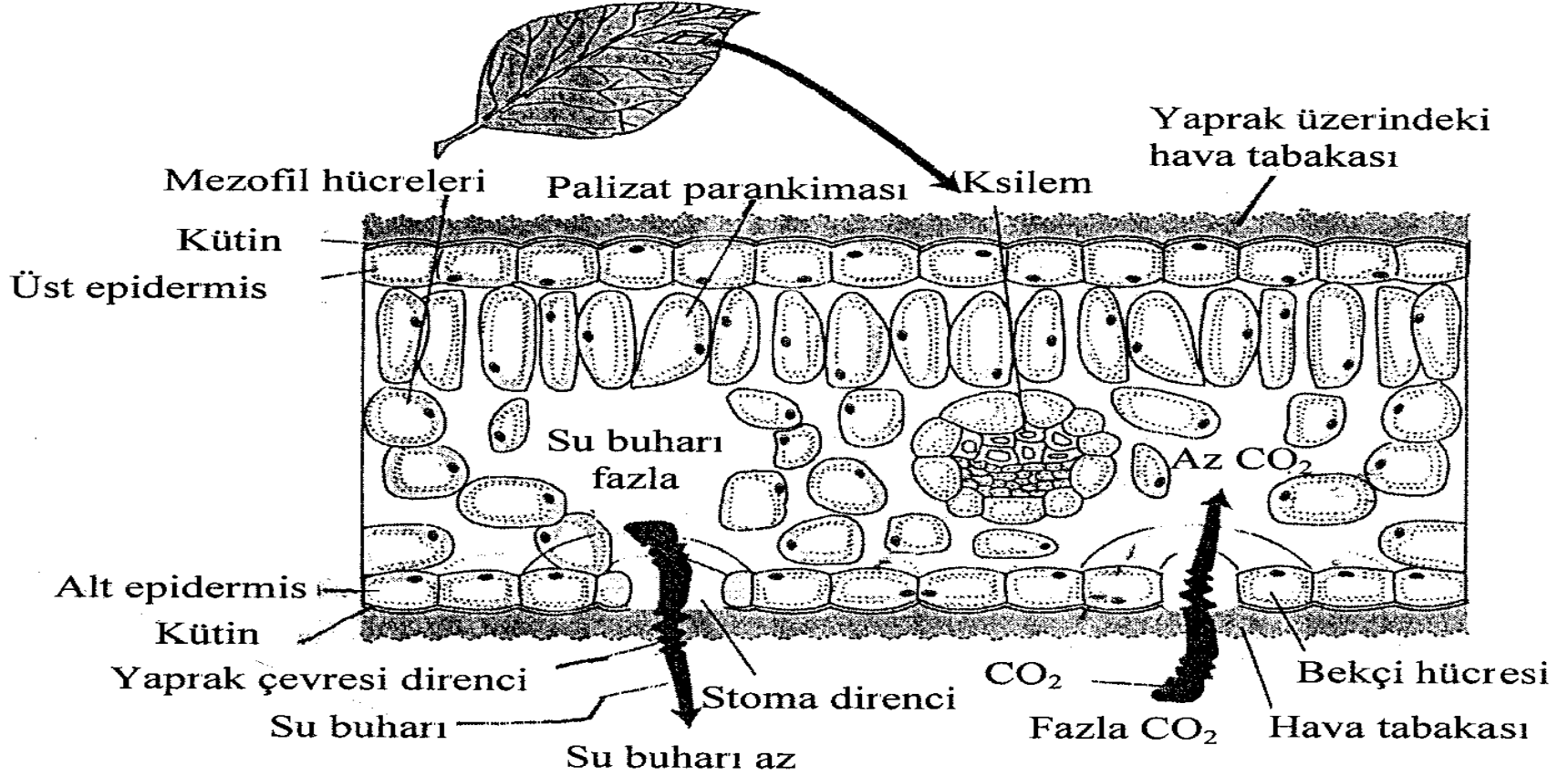
Bitki yapraklarının havaya değinen tüm yüzleri *Kütin* ismi verilen ve muma benzeyen bir madde tabakası ile kaplanmıştır. Bu tabaka suyu kolay geçirmediği gibi epidermal hücrelerden doğrudan transpirasyonu da önler.

Bitki yaprakları kalın kütin tabakaları ile kaplanmış olsa da kütin tabakalarında bulunan küçük geçitler aracılığıyla epidermal hücrelerden buhar şeklinde az da olsa bir miktar su yitirilir.

Buna *Kütiküler Transpirasyon* denir. Kimi otsu bitkilerin gövde, çiçek ve meyvelerinde de kütiküler transpirasyon cereyan eder. Çoğu bitkilerde suyun yaklaşık % 5'i kütiküler transpirasyon ile yiter.

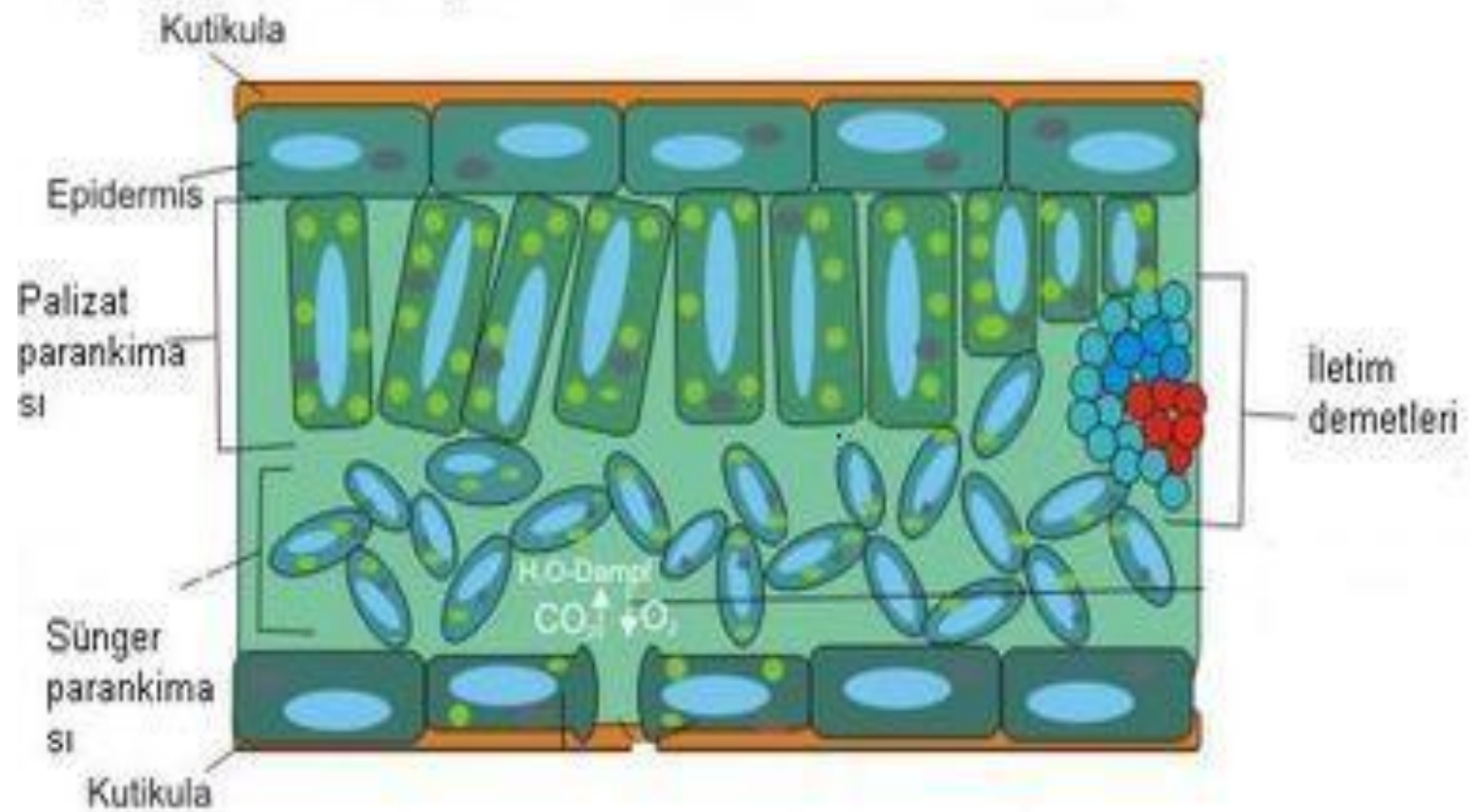
Çok az da olsa su, bitkilerin gövde, meyve ve dallarını kaplayan mantarimsı dokularda bulunan küçük aralıklardan da (*Lentisellerden*) buhar şeklinde yiter. Buna ***Lentiküler Transpirasyon*** denir. Bitkilerde buhar şeklinde yitirilen toplam suyun ancak % 0.1'i lentiküler transpirasyon ile olur.

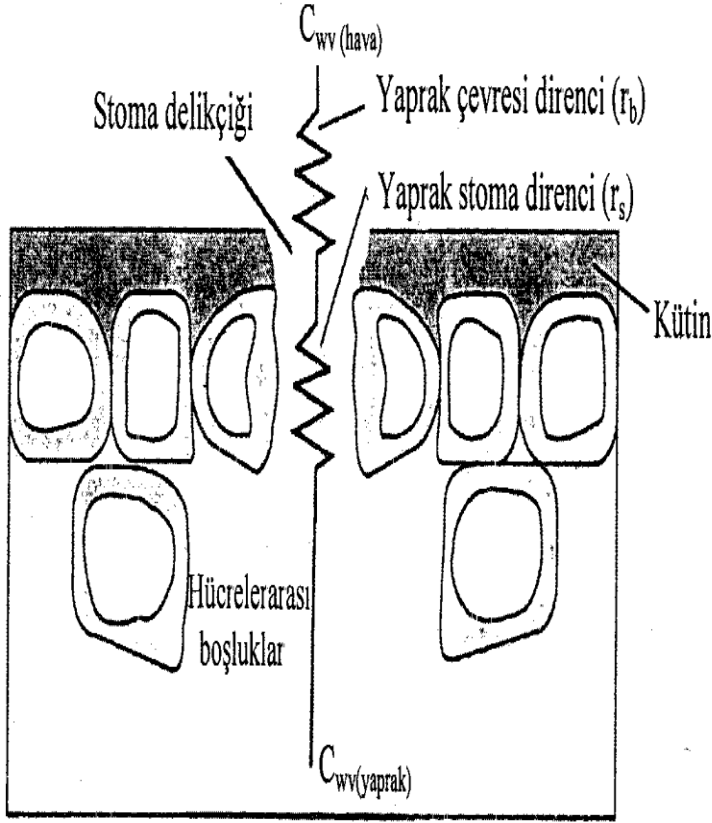
Yapraktan Atmosfere Su Buharının Difüzyonunda Karşılaşılan Engeller



Şekil 5-1. Transpirasyon ile bitki yaprağından su yitmesi. Konsantrasyon farkına göre yaprak içindeki su buharı atmosfere difüzyon ederken buna karşıt olarak yine konsantrasyon farkına göre atmosferdeki CO₂ yaprağa difüzyon eder

Yaprağın Anatomik Yapısı





Anılan engellerin ilki ve en önemlisi bitki yapraklarında oluşan *Yaprak Stoma Direncidir* (r_s). Buhar şeklinde suyun yitirilmesine karşı ikinci engel ise bitki yapraklarının çevresinde oluşan dirençtir . Bu direnç *Yaprak Çevresi Direnci* (r_b) olarak ifade edilmiştir.

Stomalar, epidermis ve kütinden geçerek suyun buhar şeklinde yitirilmesinde karşı direnci en aza indirebilme özelliğine sahiptir.

Mikroskobik stoma delikçiklerinin açılıp kapanmaları ile suyun buhar şeklinde atmosfere yitilmesi ve fotosentezde kullanılmak üzere atmosferden CO_2 'in yaprağa girişi düzenlenmektedir

Şekil 5-3. Yapraktan atmosfere buhar şeklinde suyun yitirilmesinde etkili yaprak stoma direnci (r_s) ile yaprak çevresi direnci (r_b)

Transpirasyon Birimi, Hızı ve Oranı

Belli zamanda ölçülen ve belli ilkeye göre ifade edilen transpirasyon *Transpirasyon Hızı* olarak tanımlanır.

Transpirasyon hızı saat, gün, mevsim ya da yıl gibi zaman aşamaları ilkesine göre belirlenir.

Transpirasyon hızı ve miktarı bitkiden bitkiye olduğu kadar değişik koşullar altında yetiştirilen aynı bitkiler arasında bile önemli ayrımlılıklar gösterir.

Bir gelişme dönemi içerisinde bitkinin aldığı toplam su miktarı ile gelişme dönemi sonunda bitkinin kazandığı kuru madde miktarı arasındaki oran geçmişte çoğu kaynaklarda **Transpirasyon Oranı** olarak tanımlanmıştır.

Örneğin transpirasyon oranı 450 denildiği zaman bir gram kuru maddeyi oluşturabilmek için bitkinin 450 g suyu kullanmış (almış ve yitirmiş) olduğu kabul edilmektedir.

Tarımla uğraşanlar ve ekologlar ise transpirasyon oranı sözcüğüne karşıt olarak **Su Kullanım Etkinliği (WUE)** sözcüğünü yeğlemişlerdir.

Su kullanım etkinliği (WUE), aşağıda formüle edildiği gibi, evapotranspirasyonda kullanılan birim su miktarına karşı oluşturulan kuru madde ya da ürün miktarı olarak tanımlanmıştır.

Evapotranspirasyon ise toprak yüzeyinden buharlaşma (evaporasyon) ile bitkiden transpirasyon yoluyla birlikte yitirilen toplam su miktarını göstermektedir.

$$\text{Su kullanım etkinliği (WUE)} = \frac{\text{Kuru madde ya da ürün miktarı (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{Evapotranspirasyonda kullanılan su miktarı (kg ha}^{-1}\text{)}}$$

Günümüzde transpirasyon oranı bitki fizyologları tarafından transpirasyonla yitirilen su miktarı ile fotosentez için alınan CO₂ miktarı ilişkilendirilerek tanımlanmıştır. Buna göre *Transpirasyon Oranı*, aşağıda formüle edildiği gibi, fotosentezde fikse edilen birim CO₂ miktarına karşı transpirasyon ile yitirilen birim su miktarıdır.

$$\text{Transpirasyon oranı} = \frac{\text{Transpirasyonda yitirilen H}_2\text{O miktarı, mol}}{\text{Fotosentezde fikse edilen CO}_2\text{ miktarı, mol}}$$

Stomaların Açılıp Kapanma Mekanizması

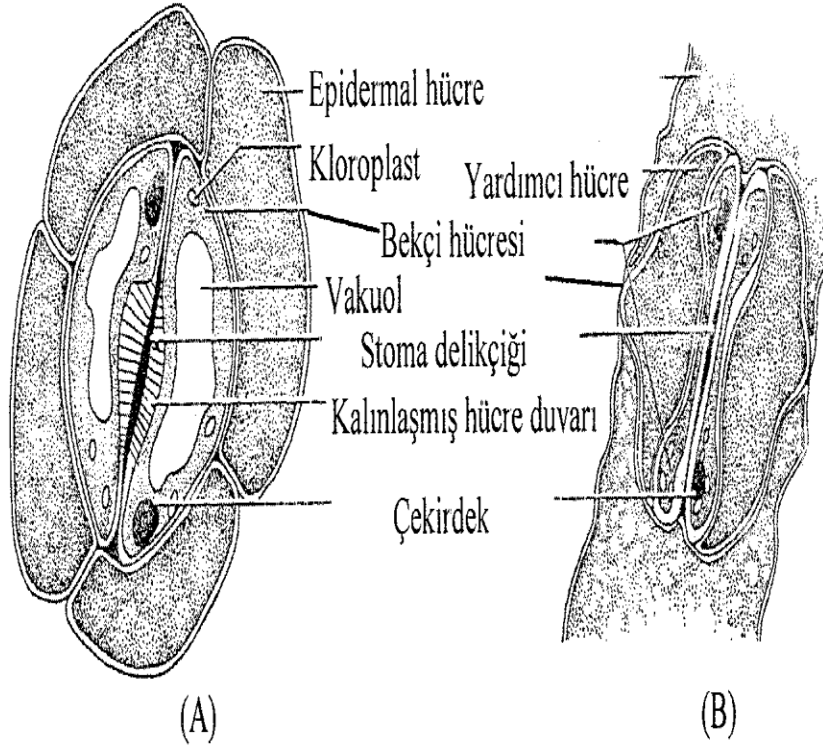
Stomaların Yapısı

Stomalar bitkilerin epidermisinde bulunan olağanüstü küçük mikroskobik delikçiklerdir.

Özel bir yapıya sahip olan stomalar *Bekçi Hücreleri* (guard cells) adı verilen iki özel epidermal hücreye sahiptirler. Kök dışında bitkinin tüm organlarında bulunurlarsa da asal olarak yaprak epidermisinde yoğun şekilde yer alırlar.



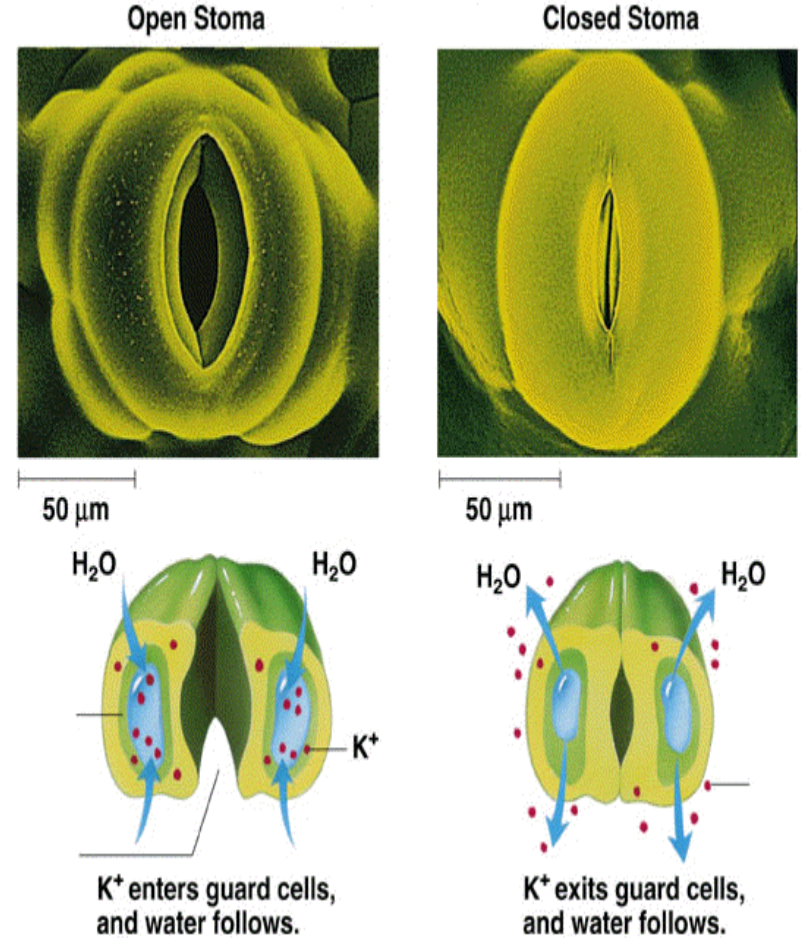
Ryan McMillen's award-winning electron micrograph of a stoma in a horsetail fern. McMillen found that stoma length correlates with genome length in these early land plants.



Şekil 5-5. Değişik bitkilerde stoma şekilleri (Devlin ve Witham 1983)

(A) Fasulye bitkisinde (*Phaseolus vulgaris* L.)

(B) Tipik bir çayır bitkisinde



Stomaların Açılıp Kapanmasına Etki Eden Etmenler

Yapılan çeşitli araştırmalar stomaların açılıp kapanmalarının, bekçi hücrelerindeki osmotik potansiyelin azalıp çoğalmasıyla doğrudan ilişkili olduğunu göstermiştir.

Osmotik potansiyeldeki değişiklikler su potansiyelindeki değişikliklere de yol açarak suyun bekçi hücrelerine girişine ve çıkışına neden olur.

Bekçi hücreleri su alıp turgor durumuna geçince stomalar açılır ve su yitirip pörsüdükçe (plazmoliz oldukça) kapanırlar.

Bekçi hücrelerinde osmotik potansiyele bağlı olarak su potansiyelinin azalması yardımcı ve epidermal hücrelerden bekçi hücrelerine doğru su potansiyeli gradientinin büyümesine ve dolayısıyla bekçi hücrelerine suyun girişine yol açar. Böylece bekçi hücreleri turgor durumuna geçer ve stomalar açılır.

Işık

Genel olarak ışık altında bir bitki yaprağının stomaları açık durumdadır. Öteki koşullar uygun olduğu sürece ışık altında stomalar açık durumlarını sürdürürler.

Karanlıkta ise stomalar kapanır.

Son yapılan araştırmalar doğal koşullar altında yetiştirilen ve iyi sulanan bitkilerde stomaların açılıp kapanmalarında etkili en önemli çevre etmeninin ışık olduğunu göstermiştir.

Osmotik Düzenleyiciler

Stomaların açılıp kapanmalarında etkili etmenlerden biri de bekçi hücrelerinde osmotik potansiyele etki yapan osmotik düzenleyicilerdir.

Bekçi hücrelerinde osmotik düzenleyiciler arasında öncelikle proton (H), potasyum (K⁺), klor (Cl⁻), malik asit (anyonlu malat⁻²) ve sakkaroz yer alır.

CO₂ Konsantrasyonu

Stomalar CO₂ konsantrasyonundaki değişikliğe karşı çok duyarlıdır.

Örneğin CO₂ konsantrasyonunun atmosferin CO₂ konsantrasyonundan biraz daha yüksek olması ışık altında bile bitkilerde stomaların kapanmasına neden olur.

Yaprak yüzeyine nefes verilmesi bile stomaların kapanmasına yol açar.

Su Noksanlığı ve Absisik Asit (ABA)

Güneşli, açık ve sıcak günlerde bitkilerde içsel su noksanlığı çok sık oluşur. Bunun nedeni transpirasyonla yitirilen suyun topraktan yeteri düzeyde alınamamasıdır.

Bu durum eşit düzeyde olmamakla beraber hücrelerde su potansiyelinin azalmasına yol açar.

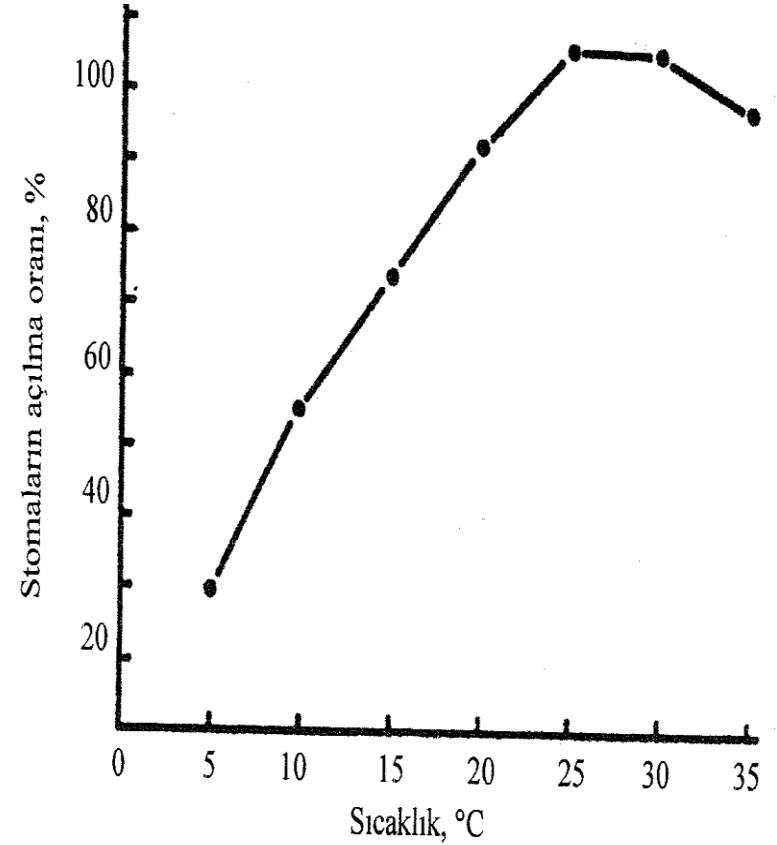
Su potansiyeli azalan bekçi hücreleri stoma delikçiklerinin kapanmasına neden olurlar.

Su stresinde stomaların kapanması ile sentezlenen ABA miktarı artar. Sentezlenen ABA'da stoma delikçiklerinin daha uzun süre kapalı kalmasına neden olur.

Sıcaklık

Öteki etkenler aynı kalmak koşuluyla belli düzeye değin sıcaklık arttıkça bitkilerde gözenekler açılmaktadır.

Ortam sıcaklığı 30°C' nin üzerine çıktığında stomaların kapanması, bitkide solunum artması sonucu hücreler arası boşluklarında CO₂ konsantrasyonunun yükselmesi ile açıklanmıştır.



Şekil 5-13. Sıcaklığın pamuk bitkisinde ve sabit ışık düzeyinde stomaların açılma oranı üzerine etkisi

Sıvı Şekilde Su Yitmesi

Gutasyon: yaralanmamış bitkilerin yapraklarından sıvı şekilde su yitirmeleri, *Gutasyon {Damlama}* olarak tanımlanmaktadır.

Gutasyon olayı çoğunlukla su alımının hızlı ve buhar şeklinde yitirilen suyun az olduğu koşullarda ortaya çıkar. Gutasyon olayı yağışlı günlerde gecelerin ve sabahın erken saatlerinde olur.

Eksüdasyon

Bitkilerde diğer bir Şekilde sıvı halde su kaybı da söz konusudur. Bitkilerin herhangi bir mekanik etkiyle yararlanması sonucu bu yara bölgesinden sıvı Őeklindeki su kaybına *Eksüdasyon* (Yaşarma) denir. Özellikle asmalarda budama işlemi sonrasındaki su kaybı eksüdasyona en güzel örnek oluşturmaktadır.