

# **YAPRAK ANATOMİK ADAPTASYONLARINDAN ÖRNEKLER**

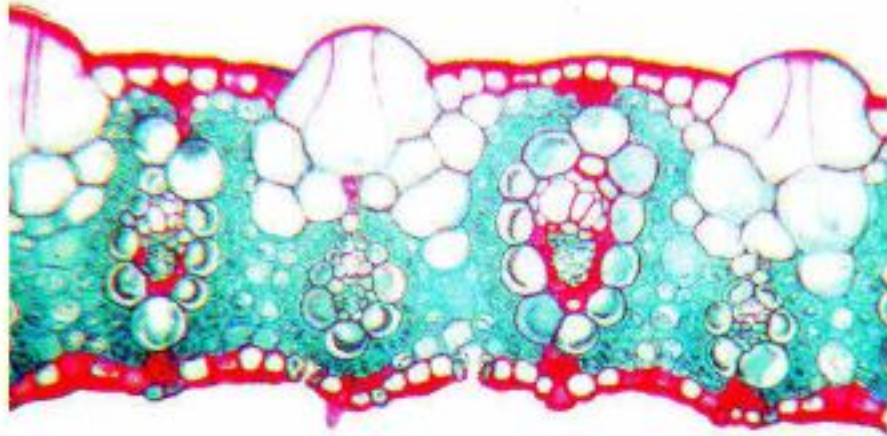
Kurak ortamlara adaptasyon mekanizmasında en önemli uyum stratejilerinden biri **Kranz anatomisi** olarak adlandırılan yaprak anatomisinde ortaya çıkan farklılıktır.

# **Tropik Bitkiler C<sub>4</sub> ya da Hatch-Slack Metabolik Yolunu Kullanır**

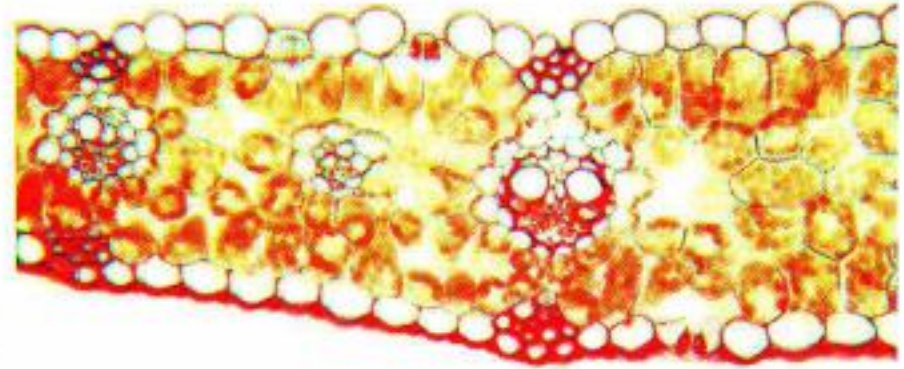
Pek çok tropik bitki, ılıman zondaki bazı tahıl bitkileri CO<sub>2</sub>'i C<sub>4</sub> ya da Hatch-Slack adı verilen bir yolla bağlamaktadır.

- Anatomik olarak  $C_3$  ve  $C_4$  bitkileri arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır.
- $C_4$  bitkilerinin yapraklarında fotosentez yapan hücrelere kadar uzanan hava boşlukları mevcuttur.

(A)



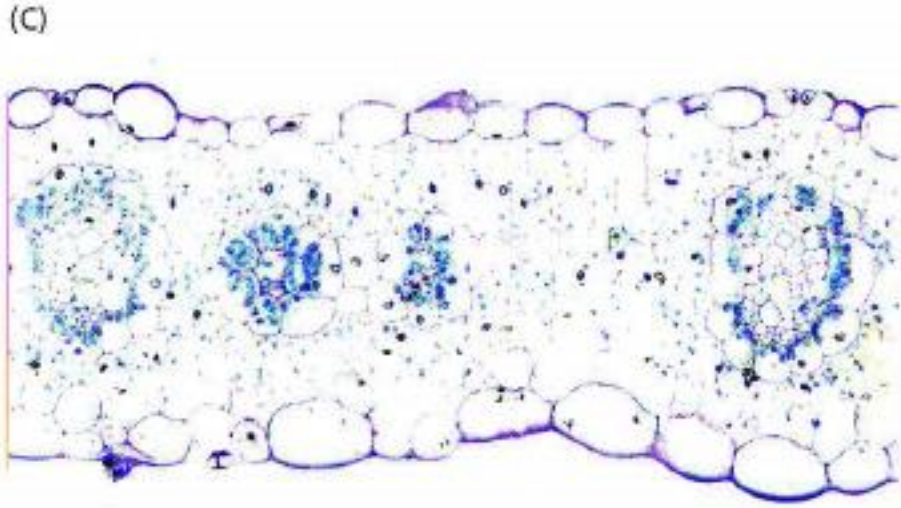
(B)



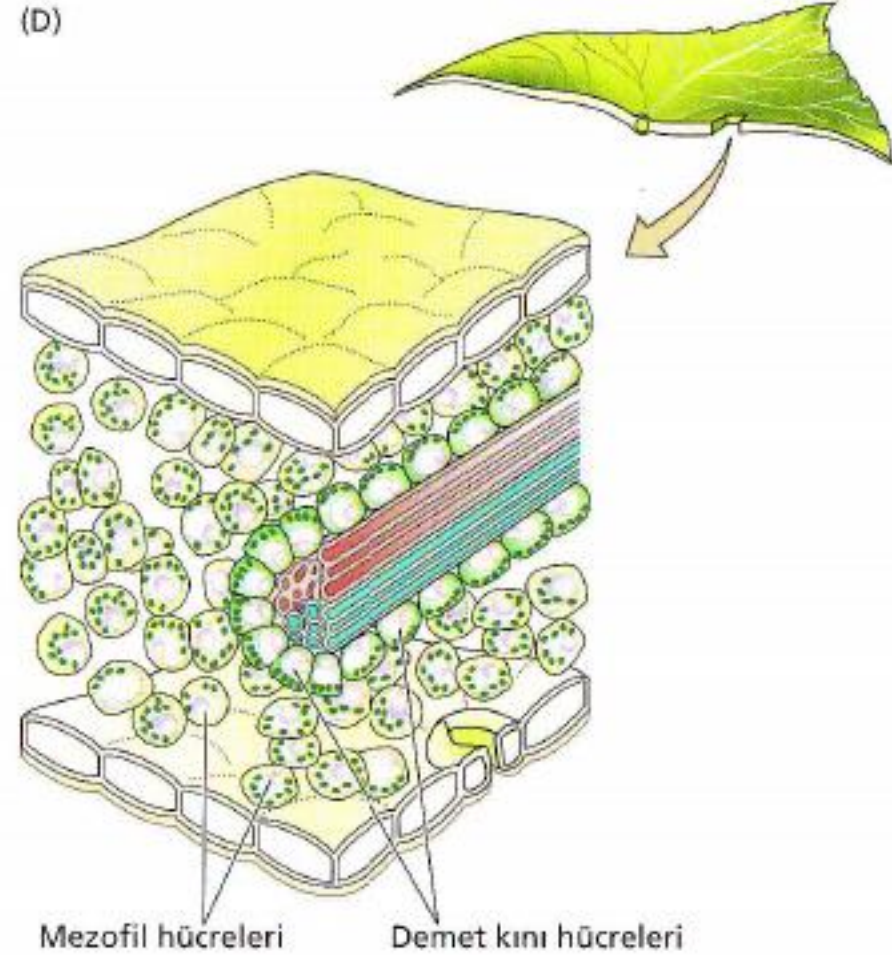
**ŞEKİL 8.9**  $C_3$  ve  $C_4$  bitkileri arasındaki anatomik farklılıkları gösteren yaprak kesitleri. (A) Bir monokotil  $C_4$  bitkisi, *Saccarum officinarum* (şeker kamışı) ( $135\times$ ). (B) Bir monokotil

$C_3$  bitkisi, *Poa sp.* (bir çimen) ( $240\times$ ).

- Bu nedenle etkili bir CO<sub>2</sub> alımı sağlar.
- İletim demetlerinin etrafında sıkıca toplanmış bir çift sıra halinde demet kını hücreleri yer alır. Bu hücreler bol kloroplast içeren kübik hücrelerden ibarettir.



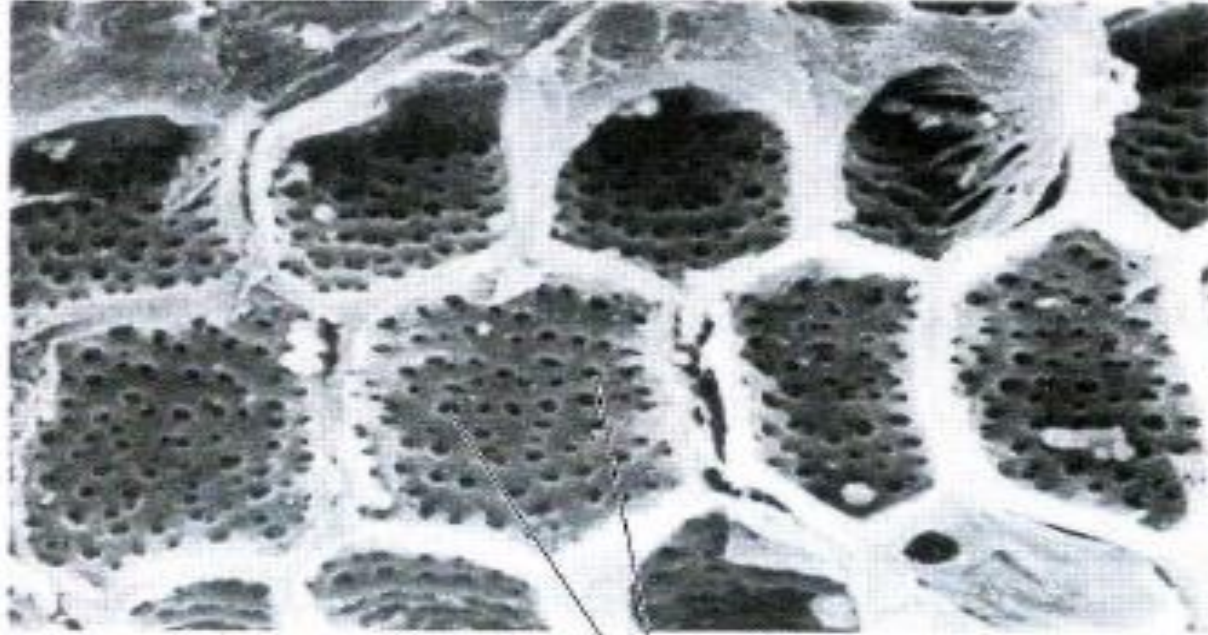
(C) Bir dikotil  $C_4$  bitkisi, *Flaveria australasica* (Asteraceae) (740 $\times$ )  $C_4$  bitkilerin yapraklardaki demet kını hücreleri büyüktür (A ve C) ve mezofil hücreleri en yakın demet kını hücresinden iki-üç hücre boyu uzaktadır. Bu anatomik özellikler  $C_3$  bitkilerin yapraklarında görülmez. (D) Bir  $C_4$  yaprağın üç boyutlu modeli.



- Demet kını hücrelerine yakın bir konumda halka şeklinde düzenlenmiş mezofil hücreleri bulunur.
- Burada mezofil ve demet kını hücreleri arasında çok sayıda plazmodesmata bulunur.



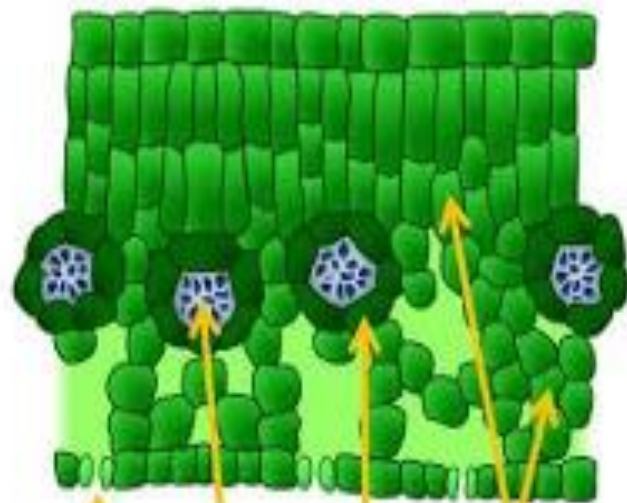
(E)



Plazmodezm geçitleri

*Triodia irritans* bitkisinden bir  $C_4$  yaprağın taramalı elektron mikroskopunda çekilmiş fotoğrafı. Bu fotoğrafta demet kını hücrelerinin çeperlerinde plazmodezm geçitleri görülmektedir.  $C_4$  Carbon döngüsünün metabolitleri bu geçitlerden taşınır (A ve B David Webb; C Athena McKown'un izniyle; D Lüttge ve Higinbotham'dan den sonra; E Craig ve Goodchild 1977'den).

C<sub>3</sub> plant



Stoma  
Vascular tissue  
Bundle sheath cell  
Mesophyll cell

VS

C<sub>4</sub> plant



Stoma  
Vascular tissue  
Bundle sheath cell  
Mesophyll cell

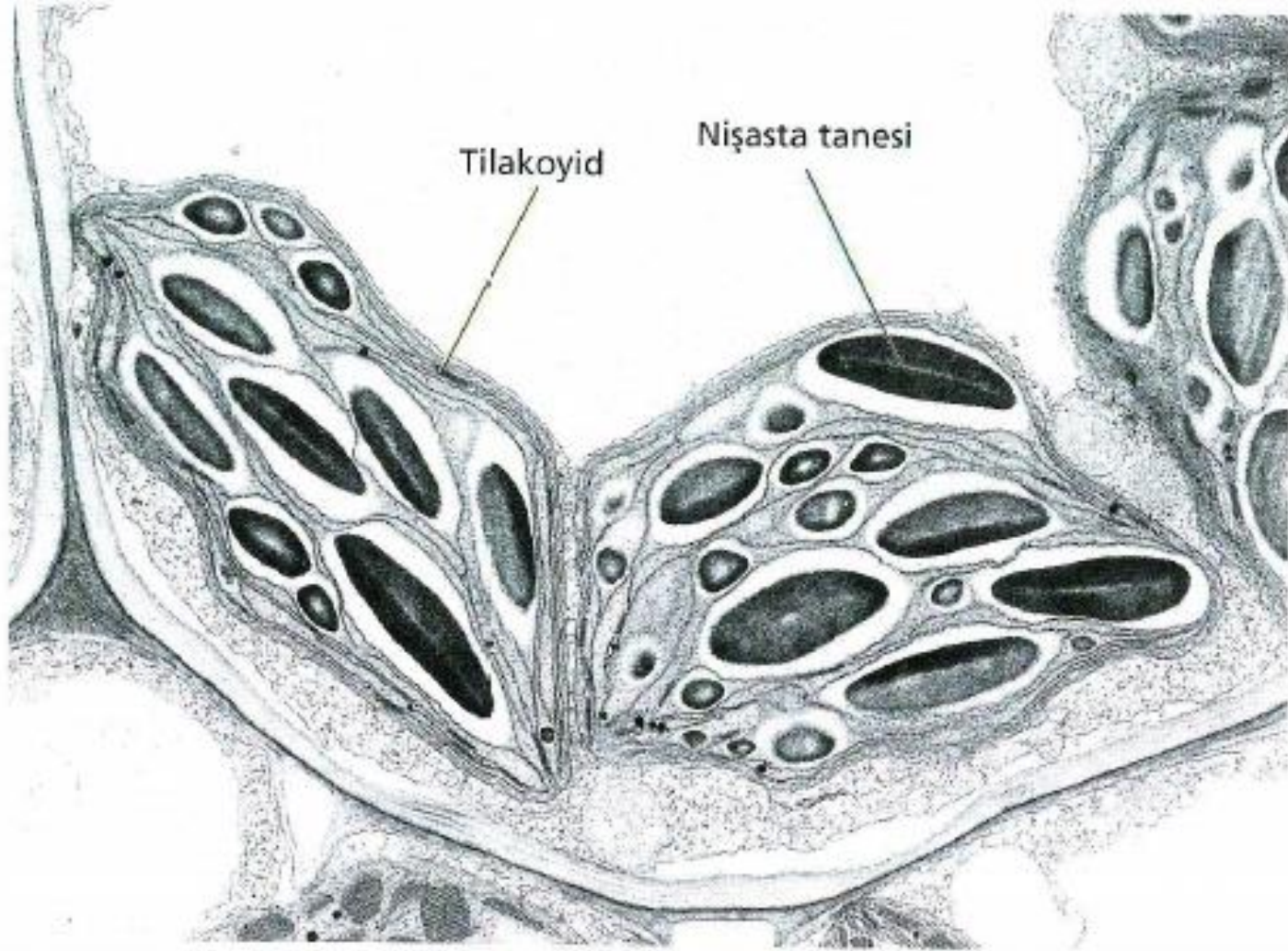
## C<sub>3</sub> Plants vs. C<sub>4</sub> Plants



- Ayrıca bu hücrelerdeki kloroplastlar şekil, görünüm ve büyüklük bakımından birbirinden farklıdır.

Demet kını hücrelerinde kloroplastlar büyük, grana eksiktir ve nişasta taneleri gelişmiştir.

Mezofil hücrelerinin kloroplastları küçük, nişastasız ve gelişmiş granaya sahiptir.



**ŞEKİL 8.15** Mısır demet kını hücresinin elektron mikroskopunda görünümü. Kloroplastlar içerisinde nişasta taneleri görülmektedir (15.800×) (S.E. Frederick, E.H. Newcomb'un izniyle).

- Aslında  $C_3$  ve  $C_4$  bitkileri aynı metabolik yolu takip ederler.
  - **İkisi arasındaki en önemli farklardan biri;**
- $C_3$  bitkilerinde  $CO_2$ ' in doğrudan 3-fosfogliseraldehitin yapısına girmesidir.

- C<sub>4</sub> bitkilerinde CO<sub>2</sub> 3-fosfogliseraldehitten önce 4 karbonlu bir bileşik olan oksaloasetat şeklinde bağlanmakta ve daha sonra Calvin döngüsüne aktarılıp 3-fosfogliseraldehite dönüştürülmektedir.

Bu yolu kullanan bitkilerde CO<sub>2</sub> öncelikle 4 karbonlu *oksaloasetat* bileşiği şeklinde bağlandığı için **C<sub>4</sub> yolu** denmektedir.

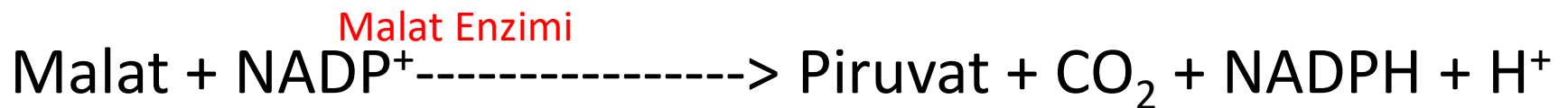
Bu reaksiyon yaprakların mezofil hücrelerinde bulunan *fosfoenol piruvat karboksilaz* enzimi tarafından katalizlenmektedir.

- Meydana gelen oksaloasetat, mezofil hücrelerinde bir  $\text{NADPH} + \text{H}^+$  kullanılarak ve *malat dehidrogenaz* tarafından katalizlenen bir reaksiyonla **malata** dönüştürülür.



- Mezofil hücrelerinde fikse edilen CO<sub>2</sub>' i ihtiva eden malat, komşu demet kını hücrelerine aktarılır.

Burada Malat enzimi yardımıyla dekarboksile edilir ve piruvat meydana gelir, CO<sub>2</sub> açığa çıkar.

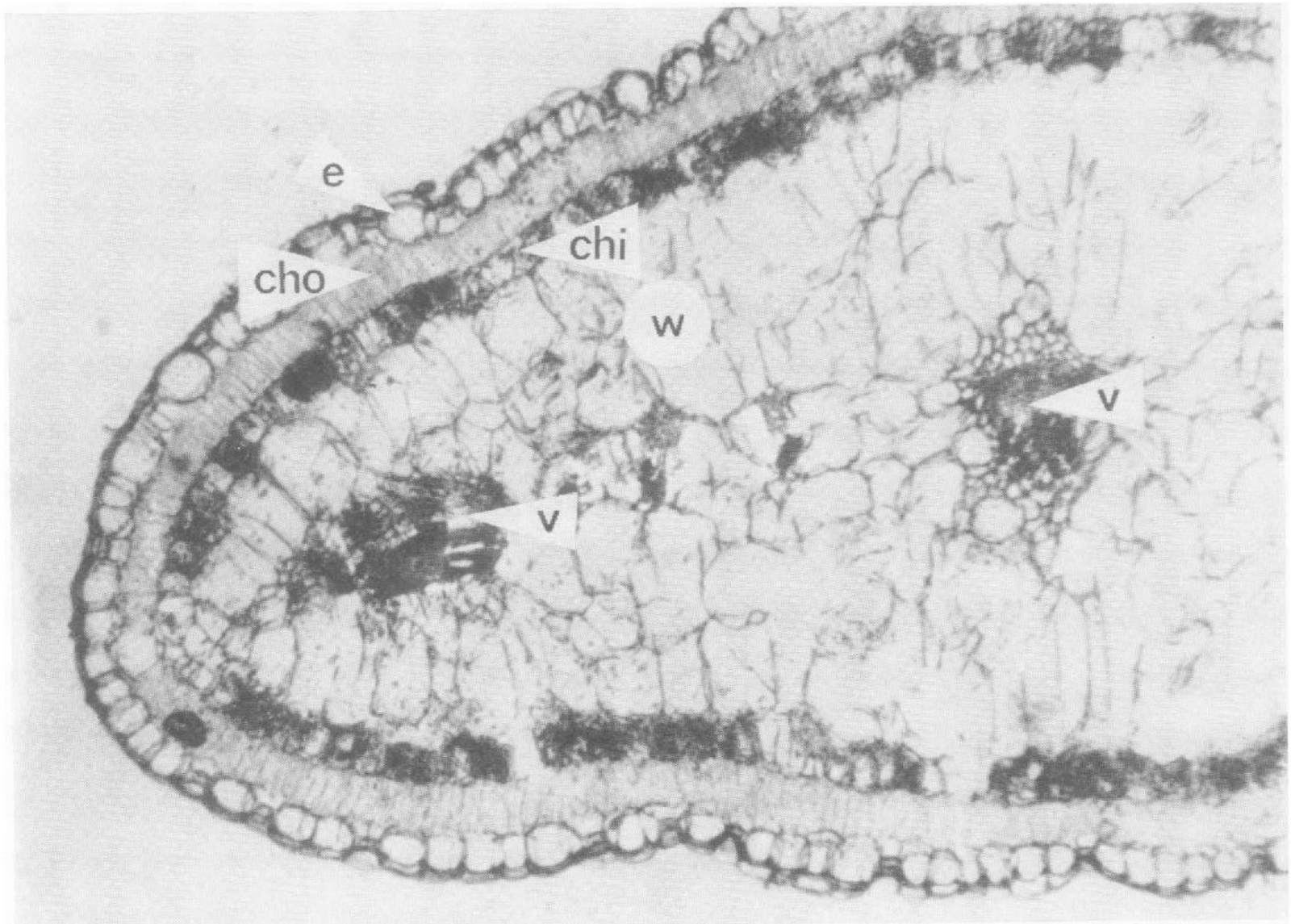


- Demet kını hücrelerinde serbest kalan  $\text{CO}_2$  bu aşamadan sonra  $\text{C}_3$  bitkilerinde olduğu gibi Ribuloz difosfat karboksilaz/oksijenaz enzimi yardımıyla Calvin Döngüsüne girer ve 3 Fosfogliseraldehite dönüştürülür .

- Fotosentezin bu CO<sub>2</sub> fiksasyon şekli ilk kez bazı tropikal bitkilerde (mısır, şeker kamışı, gibi) bulunmasına rağmen son zamanlarda Gramineae' nın bazı türlerinde, Cyperaceae, Chenopodiaceae, Compositae, Euphorbiaceae, Portulaceae ve Zygophyllaceae gibi familyalarda da meydana geldiği saptanmıştır.

Yapılan araştırmalar, C<sub>4</sub> tipi *Suaeda* bitkilerinin tipik olarak epidermis altında bir palizat parenkiması, onun altında klorenkimatik bir tabaka ve en ite de su depolayıcı doku olmak üzere üç farklı tabaka şeklinde farklılaştığını ve su depolayıcı dokunun yaprak mezofilinin en azından %50'sini oluşturduğunu ortaya koymuştur .

Fotosentetik olarak karbon asimile eden hücrelerde oluşan 4C'lu bileşiklerin (malat veya aspartat) iletim demetlerinin etrafında bulunan bu klorenkimatik kın hücrelerine (ince duvarlı ve klorofilli hücrelerden oluşan bir tabaka) transfer edildiği ve bu hücrelerde yoğun olarak bulunan Rubisco enziminin aktivitesi ile bu organik asitlerin dekarboksilasyona uğradığı rapor edilmiştir.



cross section of *Suaeda monoica* leaf (190 ×). e: epidermis; cho: outer layer of chlorenchyma; chi: inner layer of chlorenchyma; v: vascular bundle; w: vascular cylinder

Bu özellik, bu bitkilerin evrimsel ve ekolojik olarak bazı avantajlara sahip olduğunu ima etmektedir. Genellikle C<sub>4</sub> tipi bitkilerin kuraklık ve yüksek tuzluluk şartları gibi olumsuz koşullara daha iyi adapte olduğu bilinmektedir.

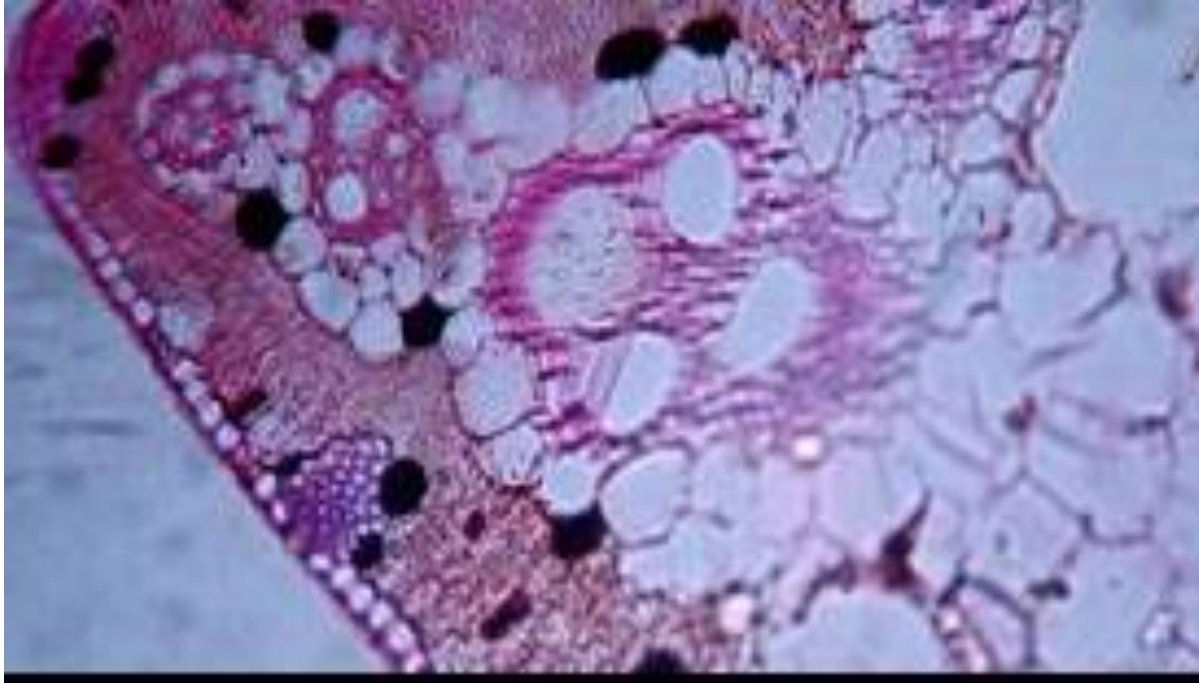
Wang, birçok C<sub>4</sub> bitkisinin, Çin'in Kuzeydoğu'sundaki tuzlu otlaklarda yayılış gösterebildiğini ortaya koymuş ve ayrıca C<sub>4</sub> fotosentezi yapan 50 türün Çin'deki çöllerde yayılış gösterebildiğini bildirmiştir. Bu araştırmalar, bu bitkilerin olumsuz koşullara daha iyi adapte olabileceğini gösteren diğer örneklerdir.



$C_4$  anatomisine sahip olan Chenopodiaceae üyelerinin çoğunun da sukkulent halofitler olduğu, step ve çöllerdeki kurak ve tuzcul bölgelere adapte olabileceği bilinmektedir. Ayrıca  $C_4$  tipi bitkilerinin fotosentetik hızlarının  $C_3$  bitkilerinden daha yüksek olmamasına karşın, suyu etkili bir şekilde kullanabilme oranlarının daha yüksek olduğu rapor edilmiştir.

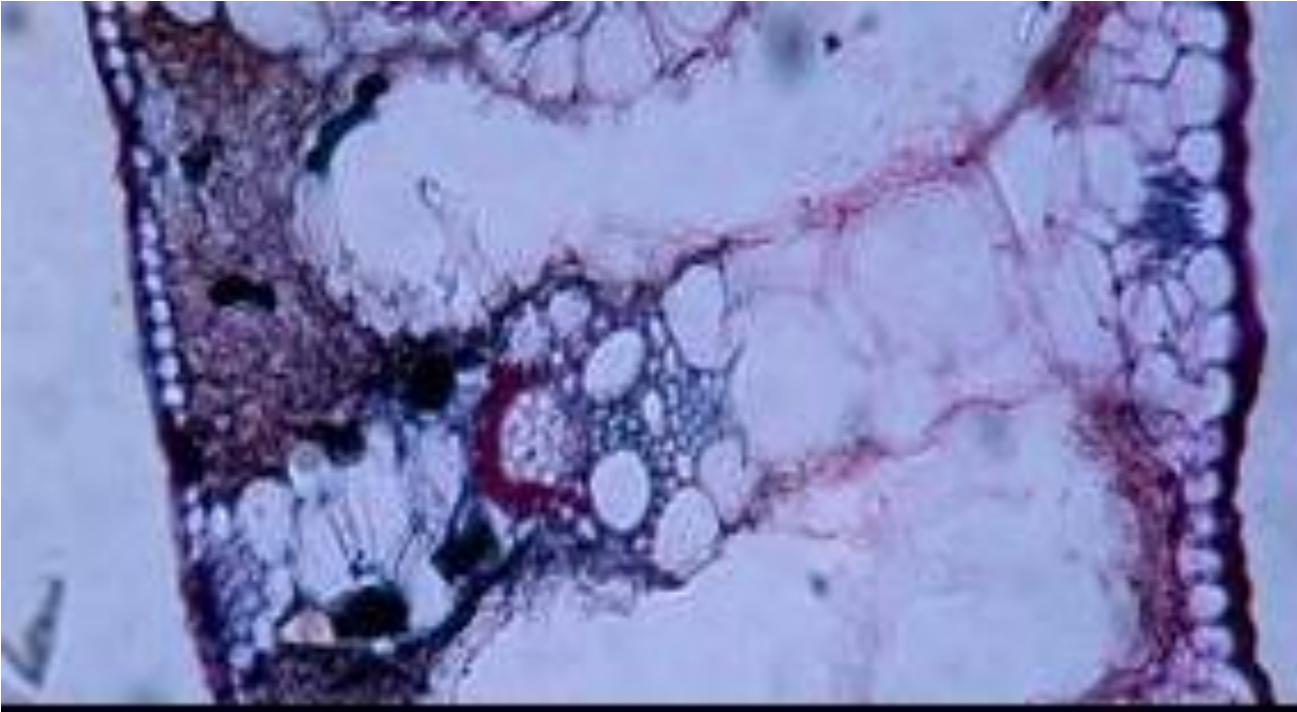
Yaprak anatomik adaptasyonları ile ilgili diğer bir araştırma, tuzlu akuatik alanlardan toplanan Cyperaceae familyasına ait *Bulboschoenus affinis* ve *Schoenoplectus litoralis* üzerinde yapılmıştır.

Yapılan araştırmada bu bitkilerde yaprak kalınlığının kontrol bitkilerine oranla daha kalın olduğu tespit edilmiştir.



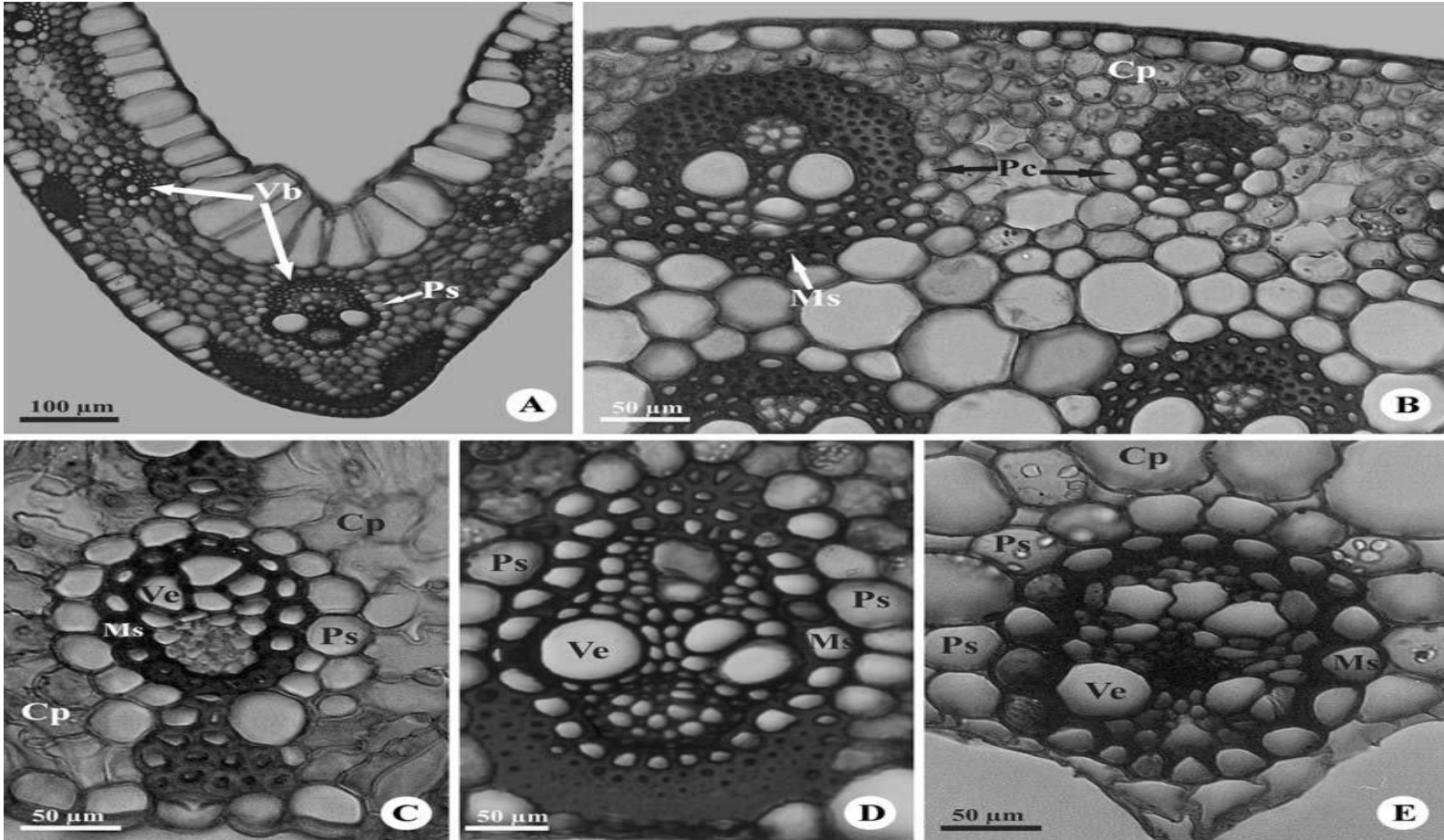
*Bulboschoenus affinis* yaprak enine kesiti

Ayrıca bu bitkilerin yapraklarındaki aerenkima alanının da oldukça fazla olduğu belirlenmiştir. Fazla aerenkima alanının tuzlu şartlar altında daha etkili bir şekilde gaz değişimini teşvik ettiği için önemli olduğu düşünülmektedir.



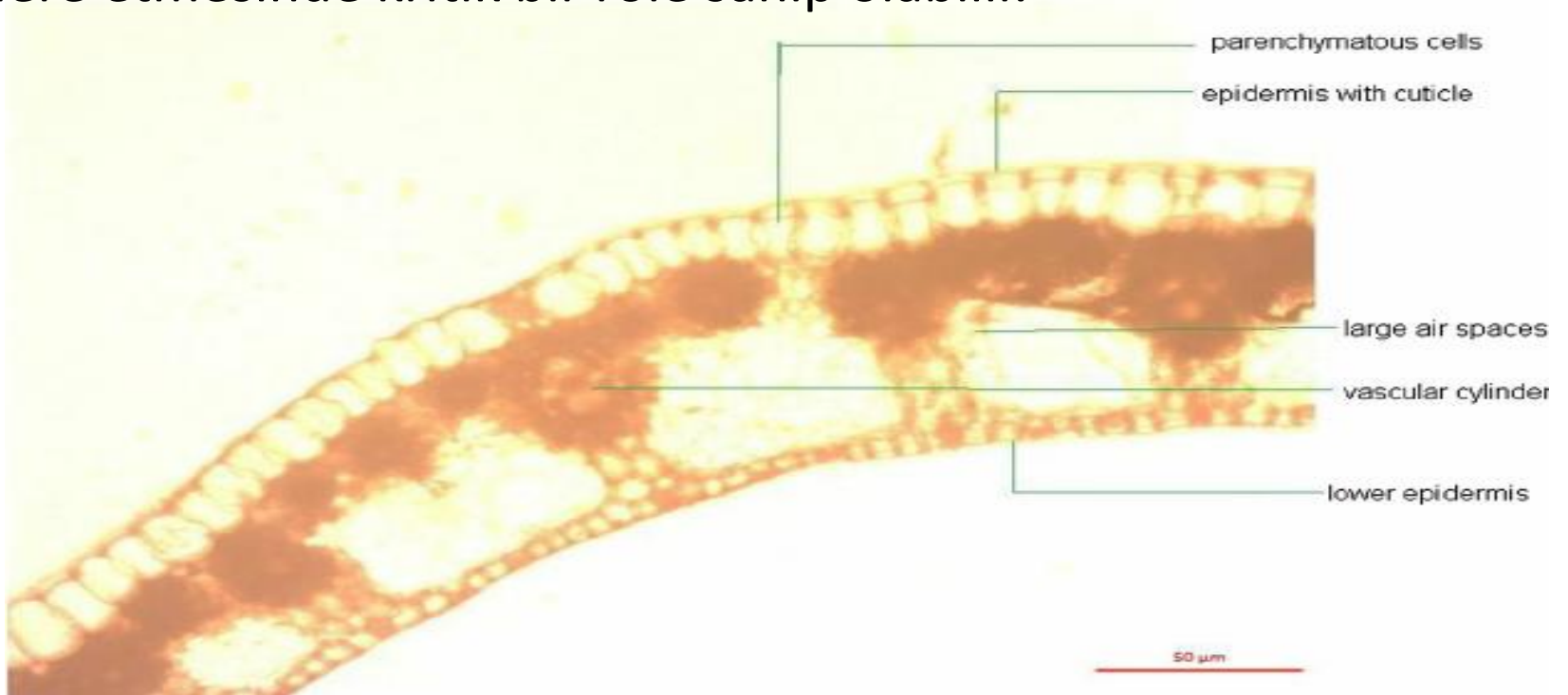
*Bulboschoenus affinis* yaprak enine kesiti

İletim demeti etrafındaki parenkimatik kının fazla miktarda bulunması ve bulliform hücrelerin artışı , su depolama kapasitesini artırdığı gibi ayrıca  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  gibi toksik iyonların pompalanacağı bir alan olarak da görev yapabildiği için önemlidir.



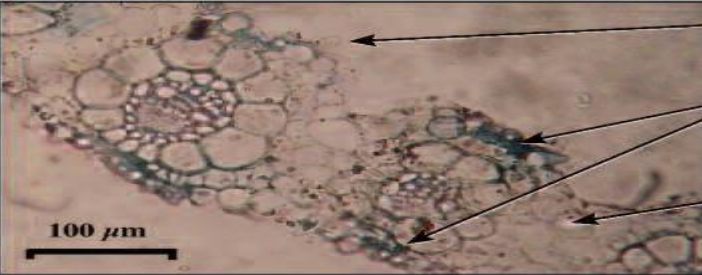
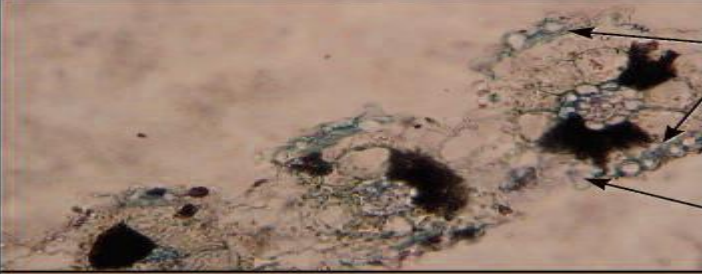


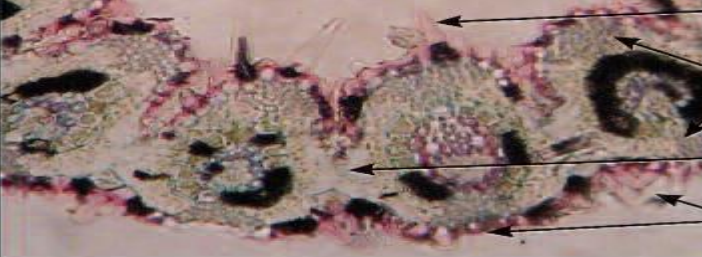
Bu türlerdeki stoma boyutlarının küçülmesi de, kurak şartlar altında bulunan bu bitkilerin stresle mücadelesinde önemlidir. Çünkü daha küçük stomalar, turgor basıncının daha iyi kontrol edilmesinde önemli bir işleve sahiptir.

Daha fazla aerenkimaya sahip daha kalın bir laminaya sahip olma, su depolama kapasitesini artırarak sukkulentliği desteklemektedir. Bu olay, aynı zamanda aerenkima vasıtasıyla tuz ve oksijenin translokasyonunu da sağlayarak , kuraklık ve tuzluluk gibi stres koşulları altında yaşayan bitkilerin bu stres koşullarını tolere etmesinde kritik bir role sahip olabilir.

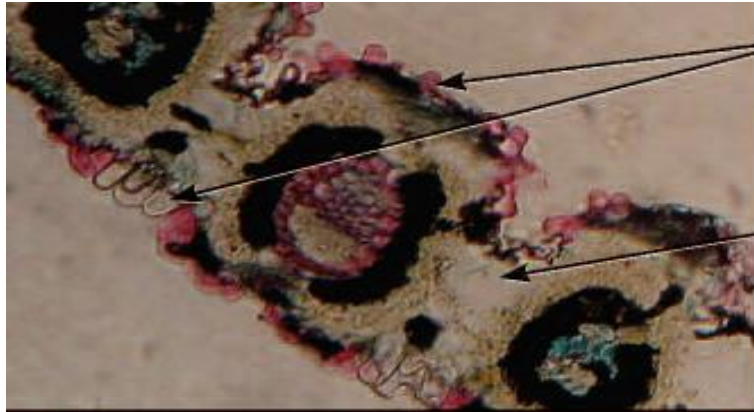


*Aeluropus lagopoides* ile yapılan araştırma sonuçları da yaprak anatomisinde görölen bazı anatomik adaptasyon mekanizmaları hakkında bize önemli bilgiler vermiştir.



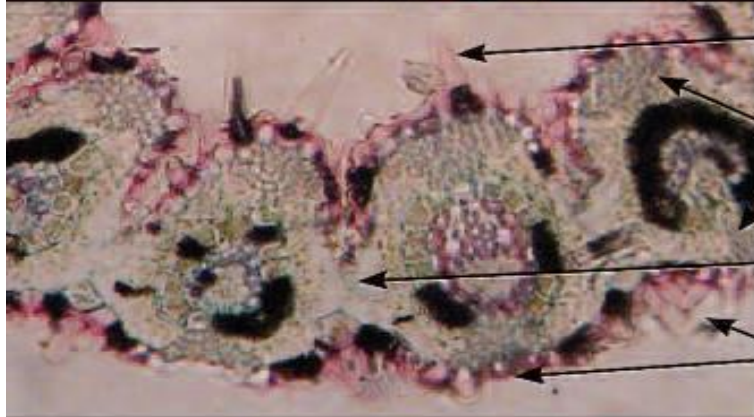
Derawar Fort	 <p>100 <math>\mu</math>m</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Low density of micro-hairs</li> <li>Slight sclerification on both sides of vascular bundles</li> <li>Well-developed bulliform cells</li> </ul>
Traway Wala Toba		<ul style="list-style-type: none"> <li>Slight sclerification on both sides of vascular bundles</li> <li>Low density of micro-hairs on both leaf surfaces</li> </ul>
Bai Lah Wala Dahar		<ul style="list-style-type: none"> <li>Low density of trichomes on adaxial surface</li> <li>High density of micro-hairs on adaxial surface</li> </ul>
Ladam Sir		<ul style="list-style-type: none"> <li>High density of micro-hairs on both leaf surfaces</li> <li>High developed bulliform cells</li> </ul>
Pati Sir		<ul style="list-style-type: none"> <li>High density of trichomes on adaxial leaf surface</li> <li>Intensive sclerification on both sides of vascular bundles</li> <li>Highly developed bulliform cells</li> <li>High density of micro-hairs on both leaf surfaces and thick cuticle outside epidermis</li> </ul>

Bu bitkinin yaprak epidermis kalınlığında görülen artışın, tuzluluk ve kuraklığa bağlı olarak geliştirilmiş önemli bir adaptasyon olduğu düşünülmektedir. Büyük bulliform hücrelerine sahip bir epidermis de birçok kurak habitatda yaşayan bitki için karakteristik bir özelliktir.



High density of micro-hairs on both leaf surfaces

High developed bulliform cells

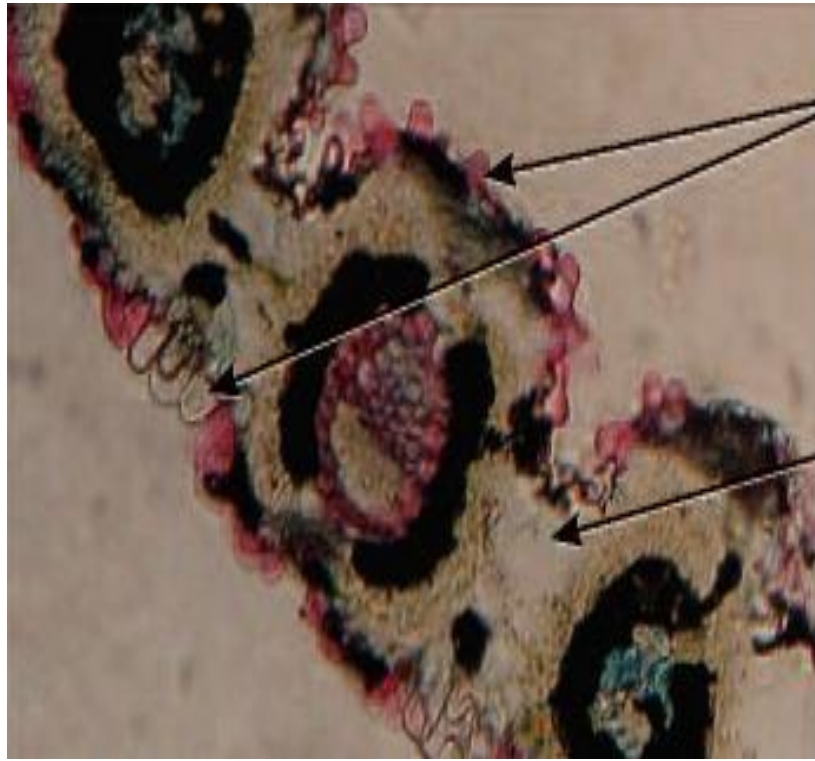


High density of trichomes on adaxial leaf surface

Intensive sclerification on both sides of vascular bundles

Highly developed bulliform cells

High density of micro-hairs on both leaf surfaces and thick cuticle outside epidermis

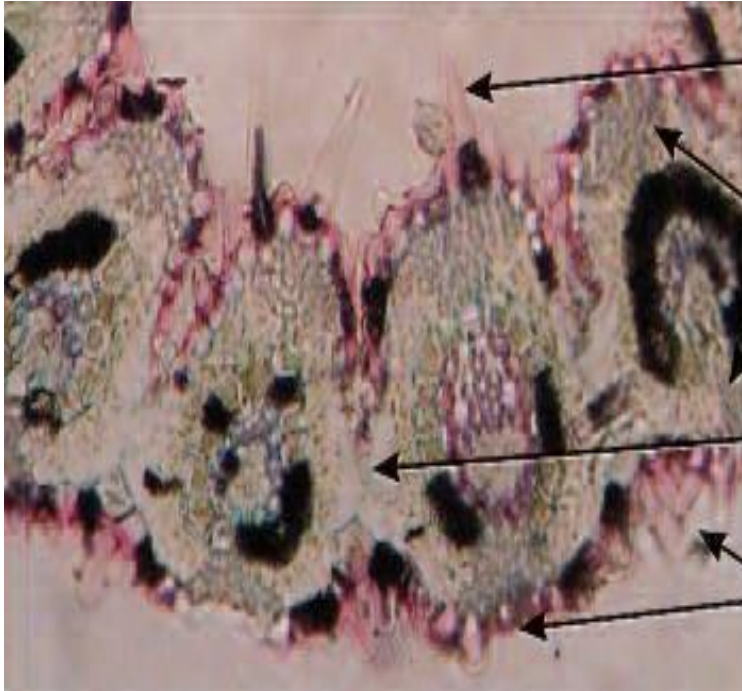


High density of micro-hairs on both leaf surfaces

High developed bulliform cells

*Aeluropus lagopoides* spesifik olarak 2 hücreli tuz salgılayan tüylere (mikrotüyler) sahiptir. Bu tüylerin yoğunluğu tuzluluktaki artışla birlikte hem üst, hem de alt epidermis üzerinde önemli derecede artış göstermiştir.

Bu bitkinin yüksek tuzluluk şartları altında bu mikrotüyler sayesinde toksik tuzları dışarı salgıladığı ve böylece tuz stresi ile mücadele etmeye çalıştığı öne sürülmektedir.



High density of trichomes on adaxial leaf surface

Intensive sclerification on both sides of vascular bundles

Highly developed bulliform cells

High density of micro-hairs on both leaf surfaces and thick cuticle outside epidermis

Üstelik artan trikom yoğunluğu özellikle kurak ve sıcak ortamlarda yayılış gösteren bitkilerde aşırı su kaybını kontrol etmede önemli göreve sahiptir. Ayrıca bu trikomların radyasyonu da kontrol altında tutarak yaprak sıcaklığının belirli bir seviyede tutulmasında kritik bir öneme sahip olduğu düşünülmektedir.

Bu tüylerin ayrıca yaprak yüzeyi ve atmosfer arasında nemli bir hava tabakası oluşturarak kurak ve sıcak habitatdan bitkileri korumada oldukça önemli bir işleve sahip olduğu düşünülmektedir.

Buradaki örneklerden de görüldüğü gibi yaprak adaptasyonları çeşitli stres koşulları altında bulunan bitkilerin hayatta kalmasında oldukça önemli ve kritik bir öneme sahiptir. Kuraklık ve tuzluluk gibi stres faktörlerine karşı bitkiler bazı yaprak anatomik adaptasyonları geliştirerek stres koşulları ile mücadele etmeye ve suyu en idareli şekilde kullanmaya çalışırlar.