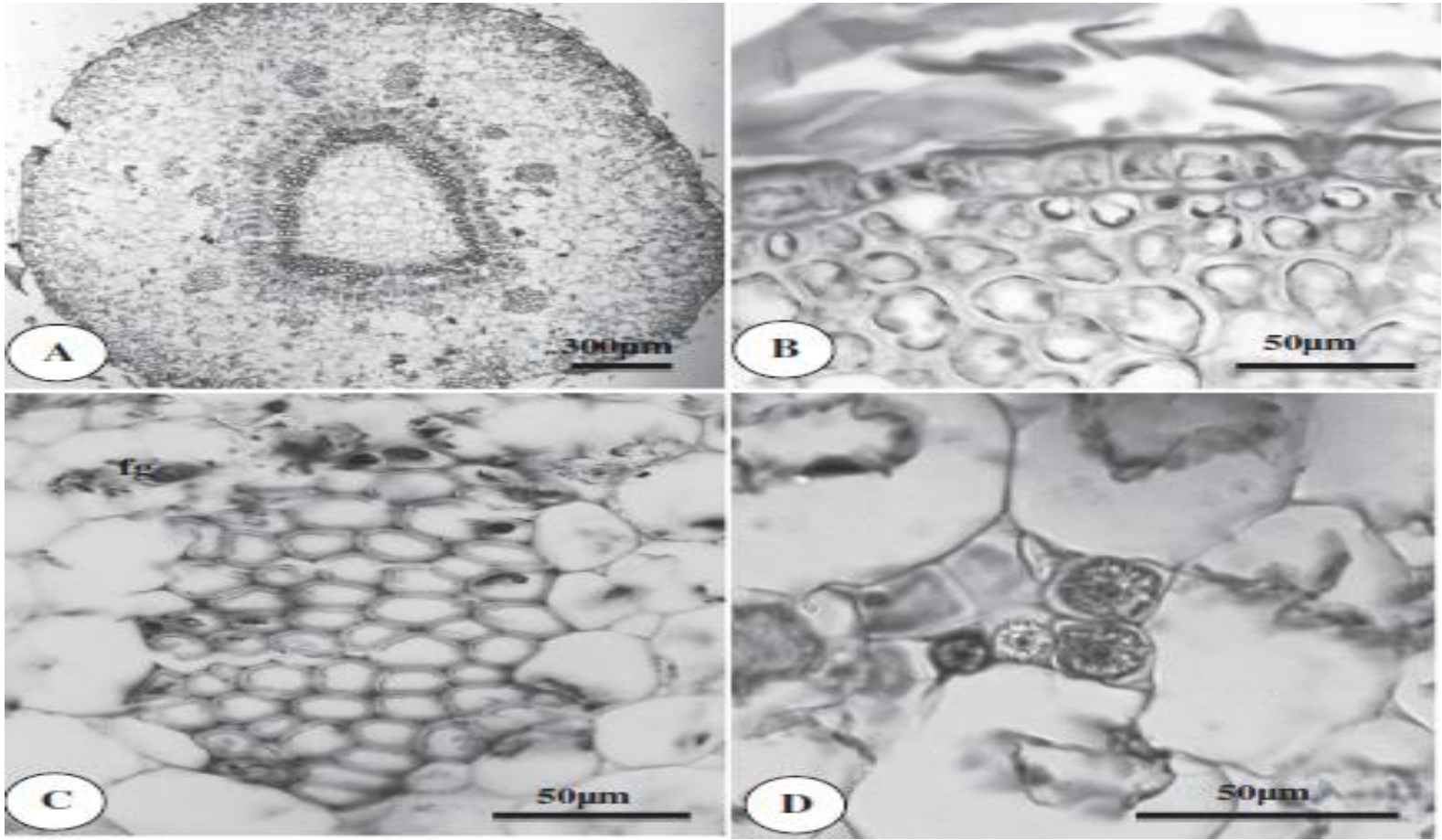


**HALOFİT BİTKİLERDEKİ GÖVDE  
ANATOMİK ADAPTASYONLARINDAN  
ÖRNEKLER**

Halofit bitkilerin gövde anatomisindeki adaptasyon mekanizmalarını, Zygophyllaceae familyasına ait *Zygophyllum album* ve *Nitraria retusa* nın gövde anatomisinde görülen değişikliklerle açıklayabiliriz.

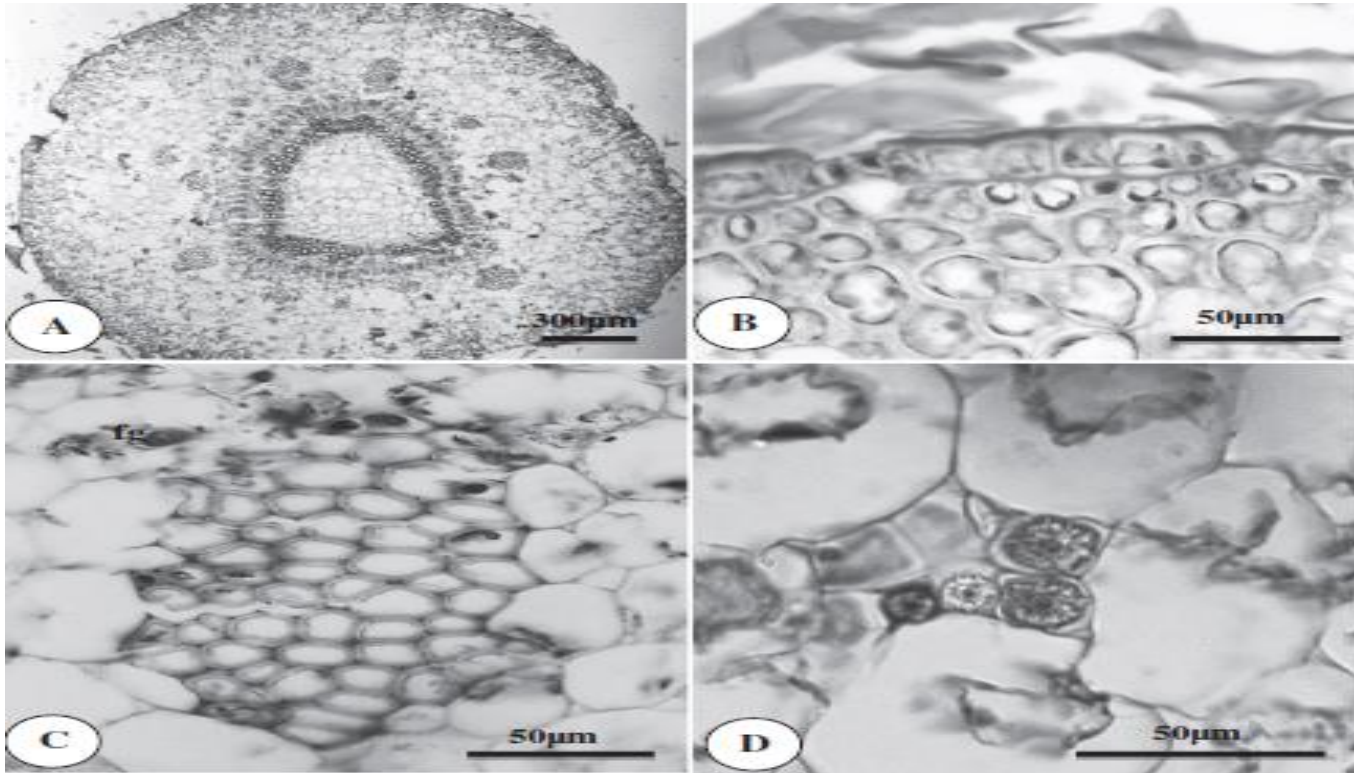
*Zygophyllum album*'un genç gövdesi, tek sıralı bir epidermise, geniş bir kortekse ve bir merkezi silindire sahiptir (Şekil 1A). Epidermal hücreler neredeyse izodiametrik bir şekle sahiptir ve kalın kutikül tabakası ile kaplıdır. Birçok tek hücreli trikom ve birkaç tane de derinde bulunan stomaya sahiptir (Şekil 1B).



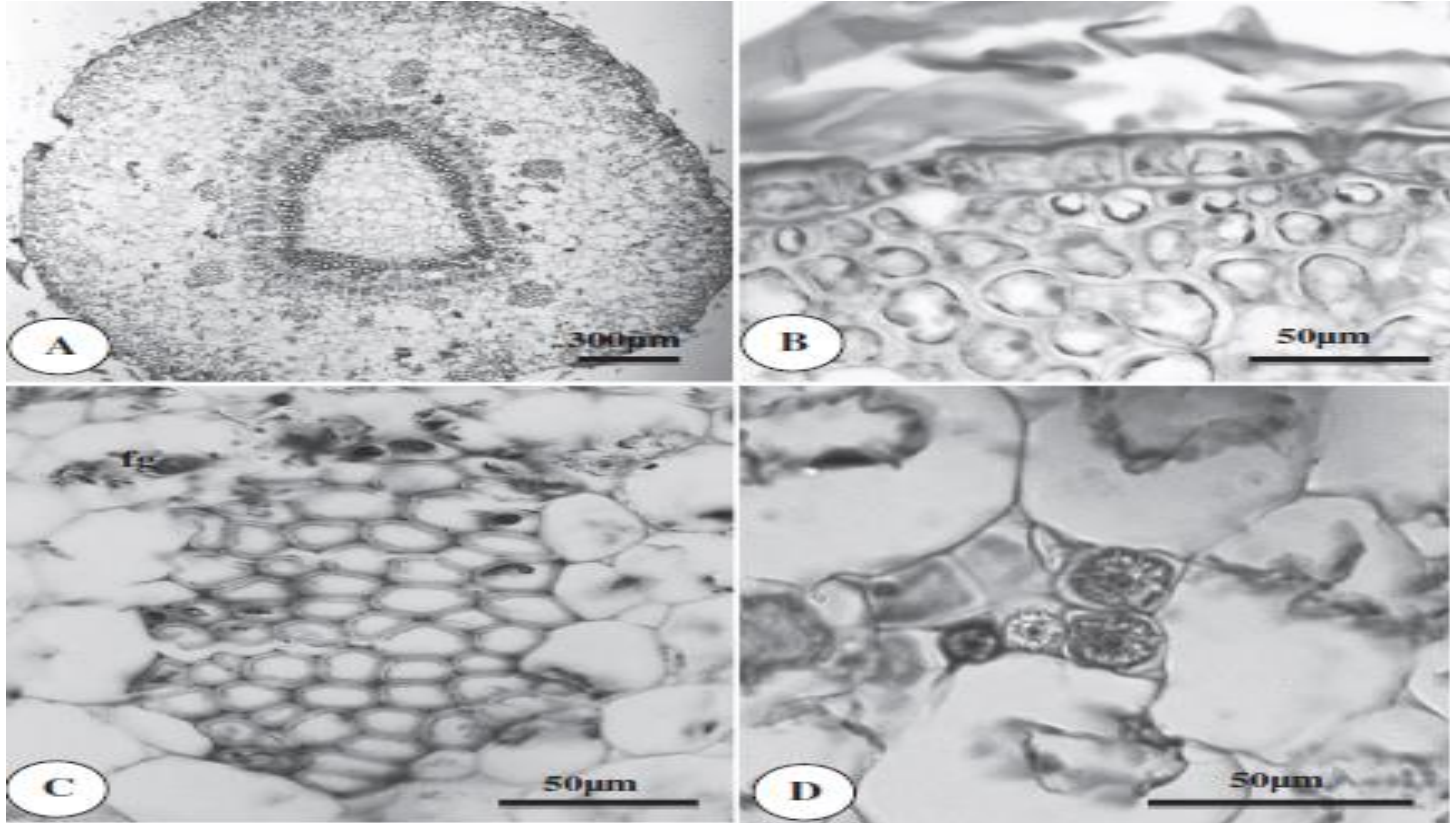
Şekil 1 A. *Z. album* genç gövde. B. Epidermal hücreler, stomalar, trikominler ve kalın kütikula tabakası C. Korteksteki lif grupları. D. Druzelar

Vasküler silindir, farklı boyutlarda kolleteral tipte iletim demetinden oluşur. İntervasküler zonlar çok dardır (Şekil 1A).

Korteks parankimatiktir. Korteks hücreleri ile bağlantılı olarak floem yakınlarında lifler gözlenmektedir (Şekil 1A ve C).

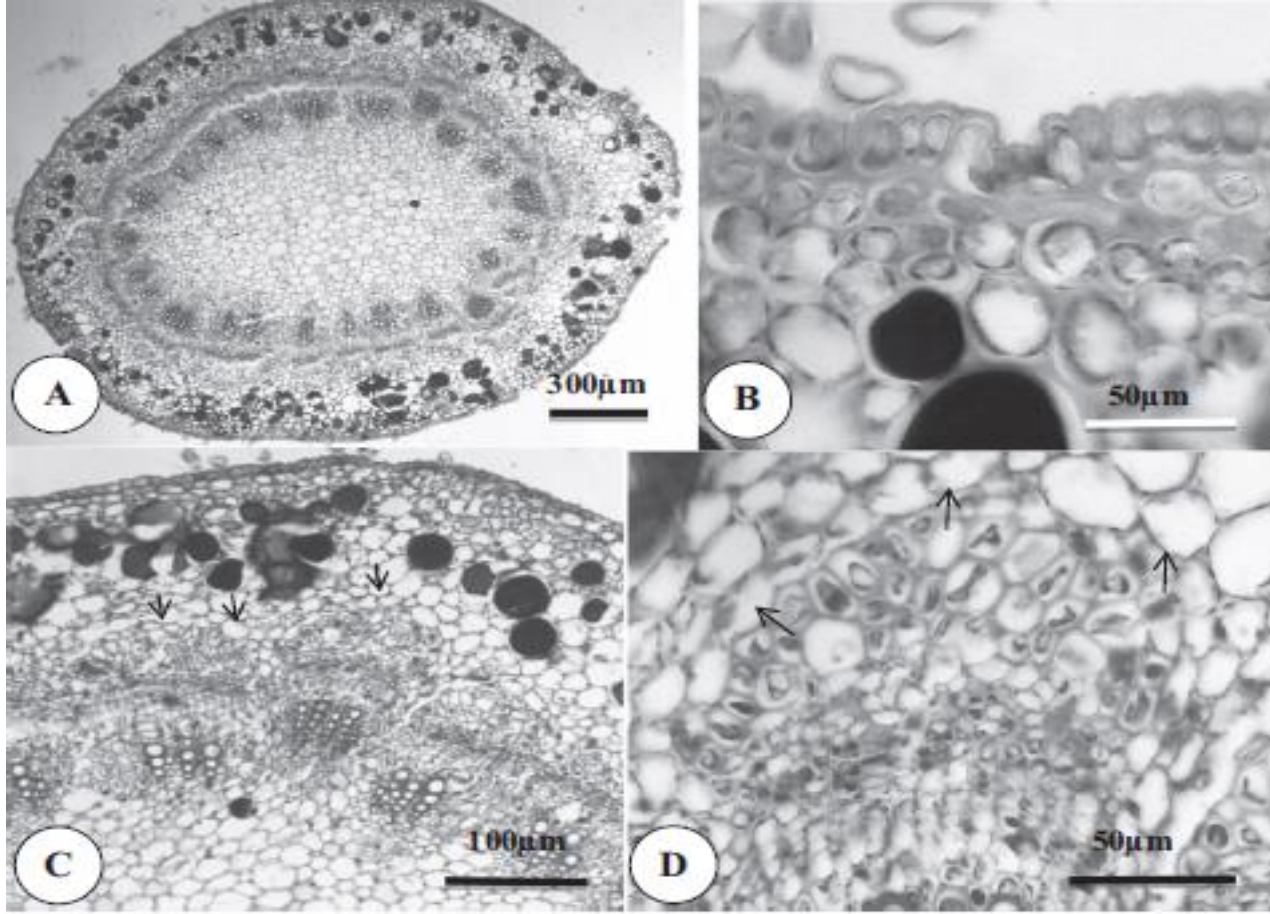


Druzlara sahip olan küçük hücre grupları, özellikle de floemin yakınında bulunan korteksin iç kısımda görülmektedir (Şekil 1 D).



Diğer taraftan 6z, kloroplast iğermeyen parankimatik tiptedir. Druz iğereren h6cre grupları 6zde de nadiren tespit edilmiştir.

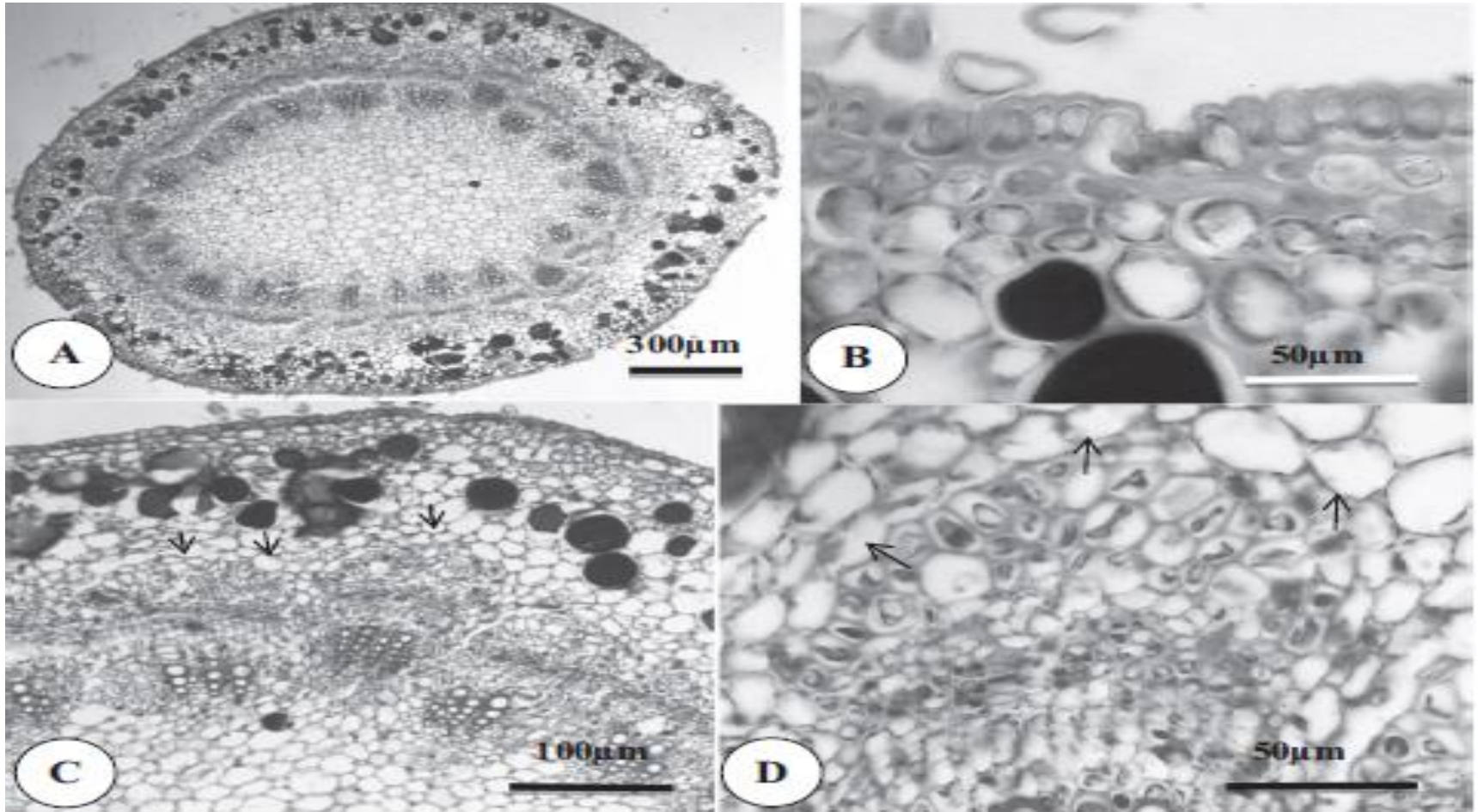
*N. retusa*'nın genç gövdesi ise enine kesitlerde neredeyse izodiametrik bir şekle sahiptir ya da radyal olarak biraz uzamıştır ve tek sıralı bir epidermise sahiptir. Epidermis, birçok tek hücreli trikrom ve derinde bulunan stomaya sahiptir (Şekil 2B)



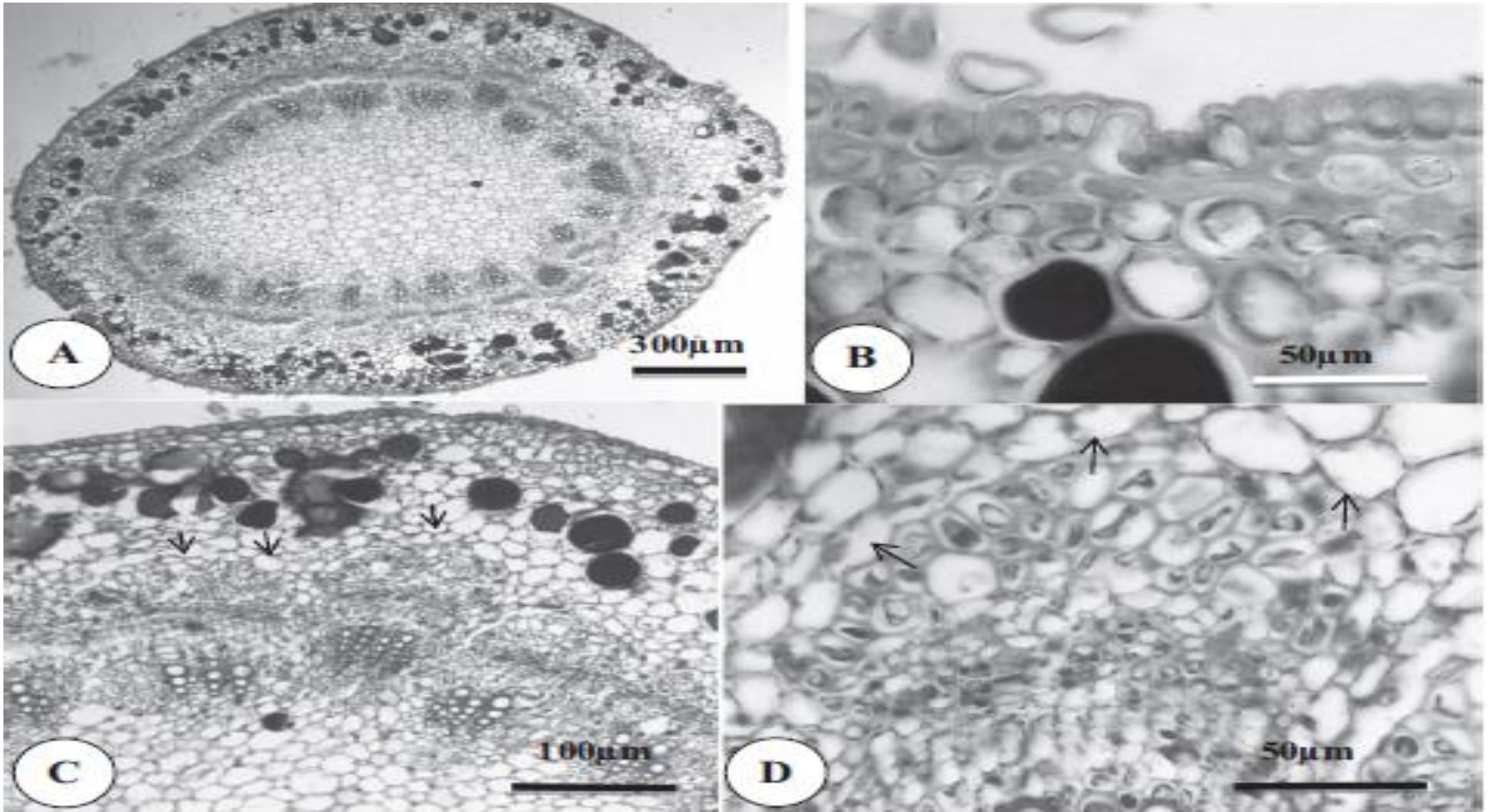
Şekil 2 A. *N. retusa*'nın genç gövdesinden alınan enine kesit, B. Kalın kütikül tabakası ve gömülü stoma ile epidermal hücreler. C. Korteks ve iletim demetlerinin yapısı. D. Floemin yapısı. C, D'deki nişasta kılıfına dikkat edin (oklar).



En dıştaki korteks hücreleri birçok kloroplasta sahiptir. Kortekste herhangi bir destek doku gözlemlenmemiştir. Korteksin en iç tabakası nişasta kını şeklinde-dir. (şekil 2C ve D).



Vasküler silindir, birkaç iletim demetinden oluşur (Şekil 2A). İntervasküler zonlar parankimatik hücrelerden oluşmaktadır. Öz parankimatiktir ve korteks hücrelerine kıyasla koyu renkli hücreler içermez.



Genel olarak, birçok kserofit kalın kütikül tabakasına ve kalın dış periklinal epidermal hücre duvarlarına sahiptir.

Kalın kütikül tabakasının varlığı, *Zygophyllum* ve *Nitraria*'nın gövdelerinin epidermisini kaplar ve böylece bitkilerin kısıtlı nem koşullarına daha iyi adaptasyonu sağlanır.

Gövdelerinde mumsu kütikula bulunan bitkiler, tuzluluk ve kuraklık stres koşullarında su kaybını en aza indirir.

Üstelik epidermisten kaynaklanan yüksek trikom yoğunluğunun eşlik ettiği derinde bulunan stomalar, stresli bir habitatta su kaybını en aza indirmek için önemli adaptasyon mekanizmalarındandır .

Sukkulentlik, bitkilerde biriken tuzları ve hücrelerden gelen zehirli iyonları seyreltir ve böylece bitkinin daha yüksek tuz miktarlarıyla başa çıkmasını sağlar.

Sukkulentlik ve yukarıda açıklanan seyreltme etkisi, aynı zamanda bitkinin hücresel turgorunun devamında da önemli katkılara sahiptir.

*Zygophyllum*'un gövdesinde floeme yakın lif gruplarının oluşması, gövdede sağlamlık sağlayacağı için önemli olabilir.

Bu sonuç, vasküler silindirin etrafında bulunan mekanik doku ve sklerenkimanın, bitkiyi kuraklığa karşı koruduğunu kanıtlamaktadır.

Bu konuda yapılan diğer araştırmalar da sklerenkimanın yüksek sıcaklığa, yoğun radyasyona ve kuraklığa bağlı hasarlardan kaçınmakta floem için yararlı olduğunu ortaya koymuştur.

*Nitraria* gövdesinin korteks ve öz parankiması koyu renkli hücreler bakımından zengindir. Bu hücrelerin içeriği Metcalfe ve Chalk (1950) ve Sheahan'a (2011) göre tanin ve müsilajdır.

Birçok türe ait yapışkan hücreler veya müsilajlar, su tutma kapasitesini ve su emilimini arttıran ozmotik basıncı artırabilir ve çevredeki fotosentetik hücreler için nispeten nemli bir mikro çevre sağlayabilir.



Sonuçlar, *Z. album* organlarındaki druzların (kalsiyum oksalat kristalleri) sayısının da tuzlulukla beraber arttığını göstermiştir.

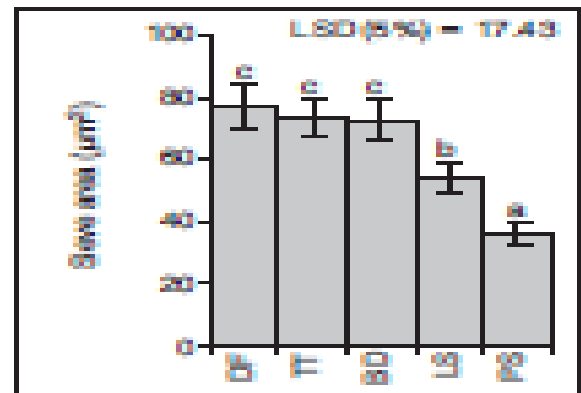
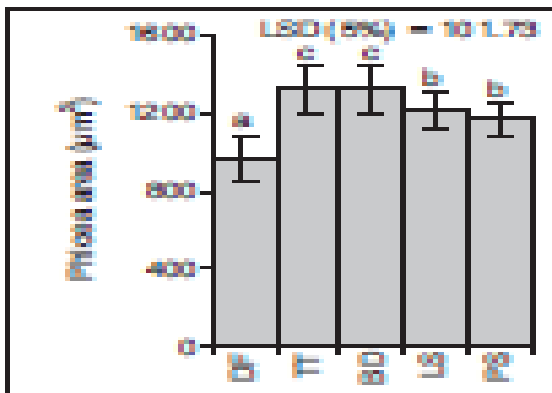
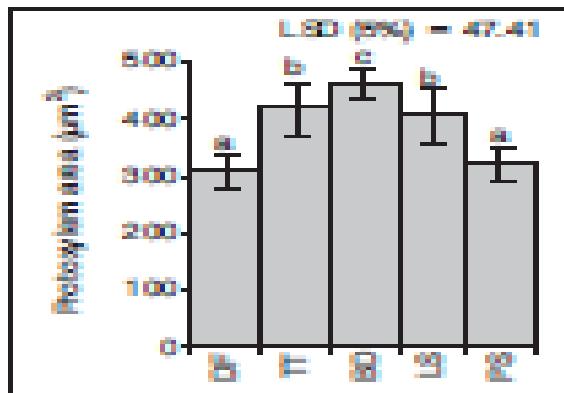
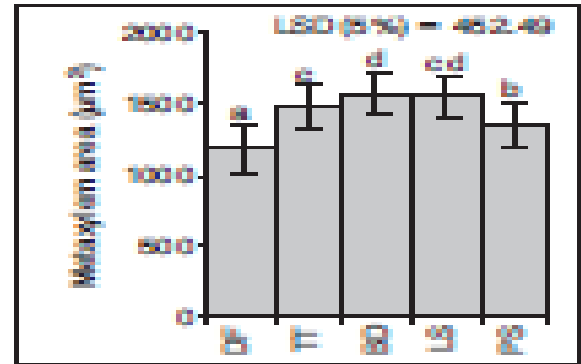
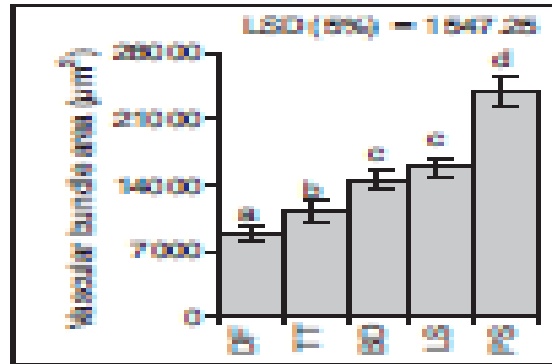
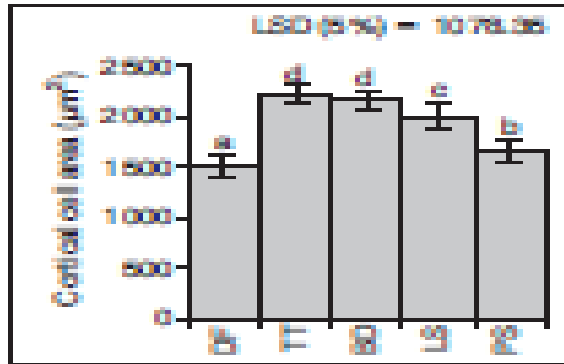
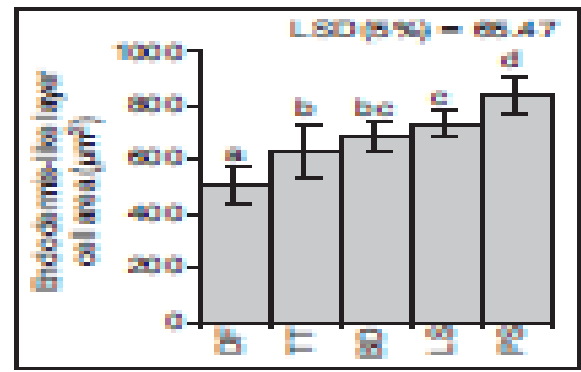
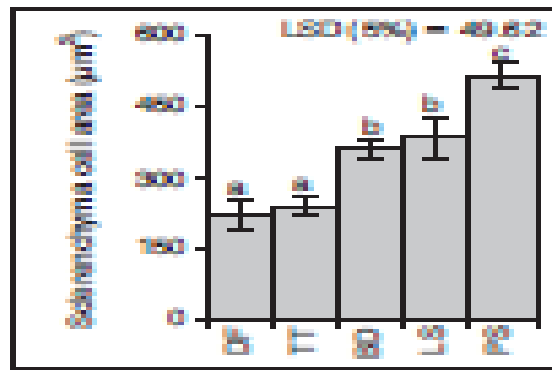
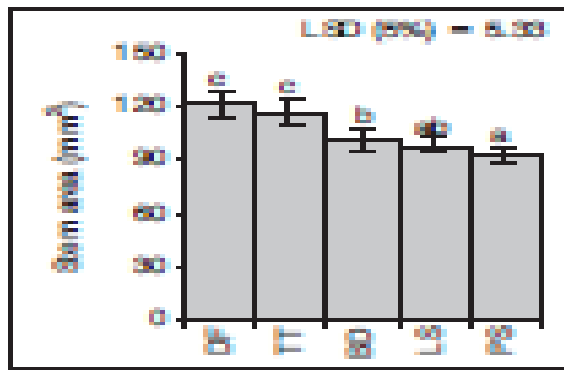
Kalsiyum iyonlarının farklı şekillerde artan tuz toleransı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bu durum da, kserofitik adaptasyonun tipik bir özelliğidir.

*Aeluropus lagopoides* ile yapılan çalışmalar da, tuz stresi altında bulunan bitkilerdeki gövde anatomik adaptasyonları hakkında bazı bilgiler elde etmemizi sağlamıştır.

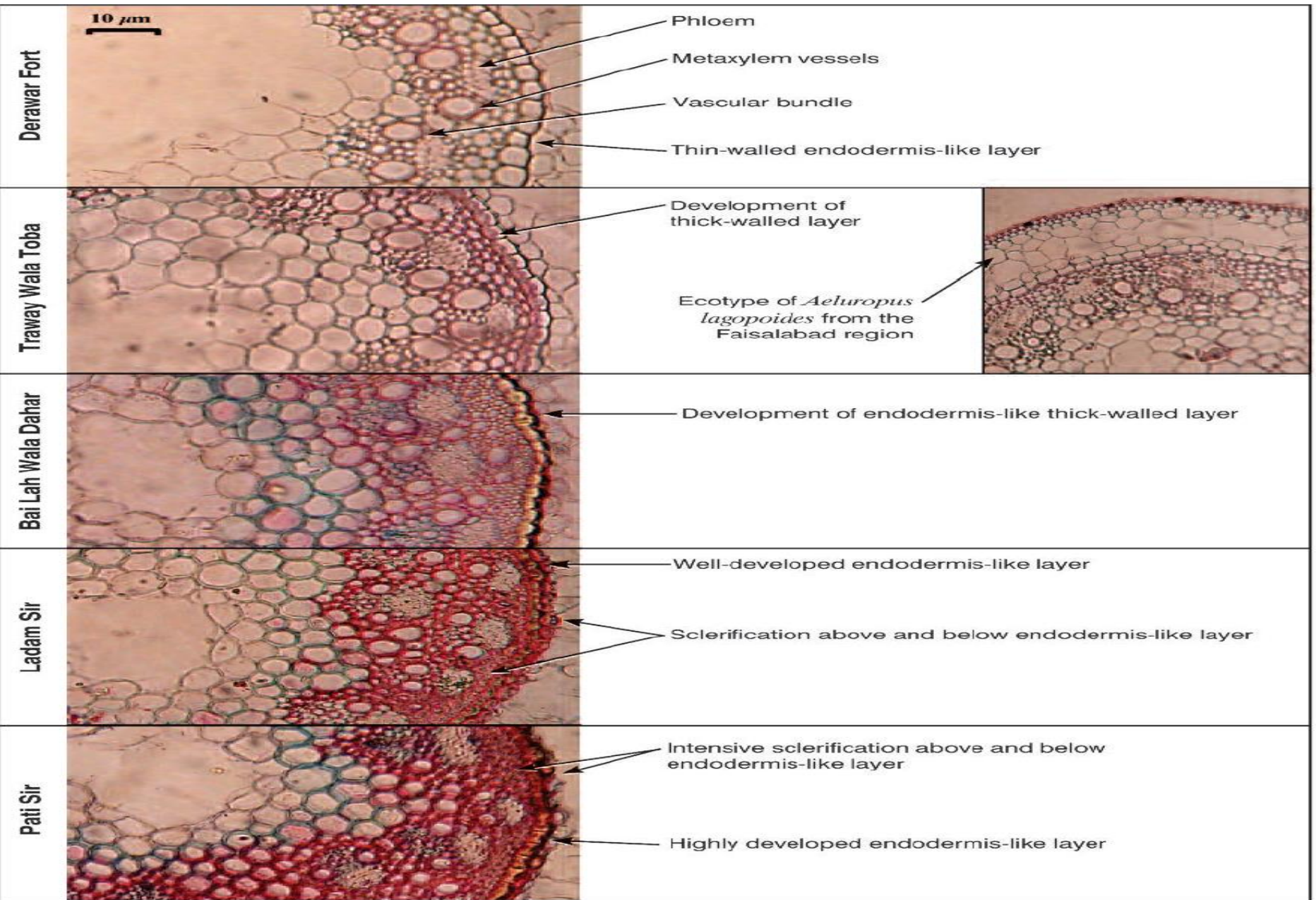


Yapılan araştırma, bu bitkinin gövdesindeki sklerenkima bölgesinin, tuzlu alanlardan toplanan örneklerde daha fazla olduğunu ortaya koymuştur (şekil 3).

Özellikle de gövdenin dış tarafındaki sklerenkima tabakası, yüksek tuzluluğa sahip topraklardan toplanan bitkilerde çok daha belirgindi (Şekil 4).



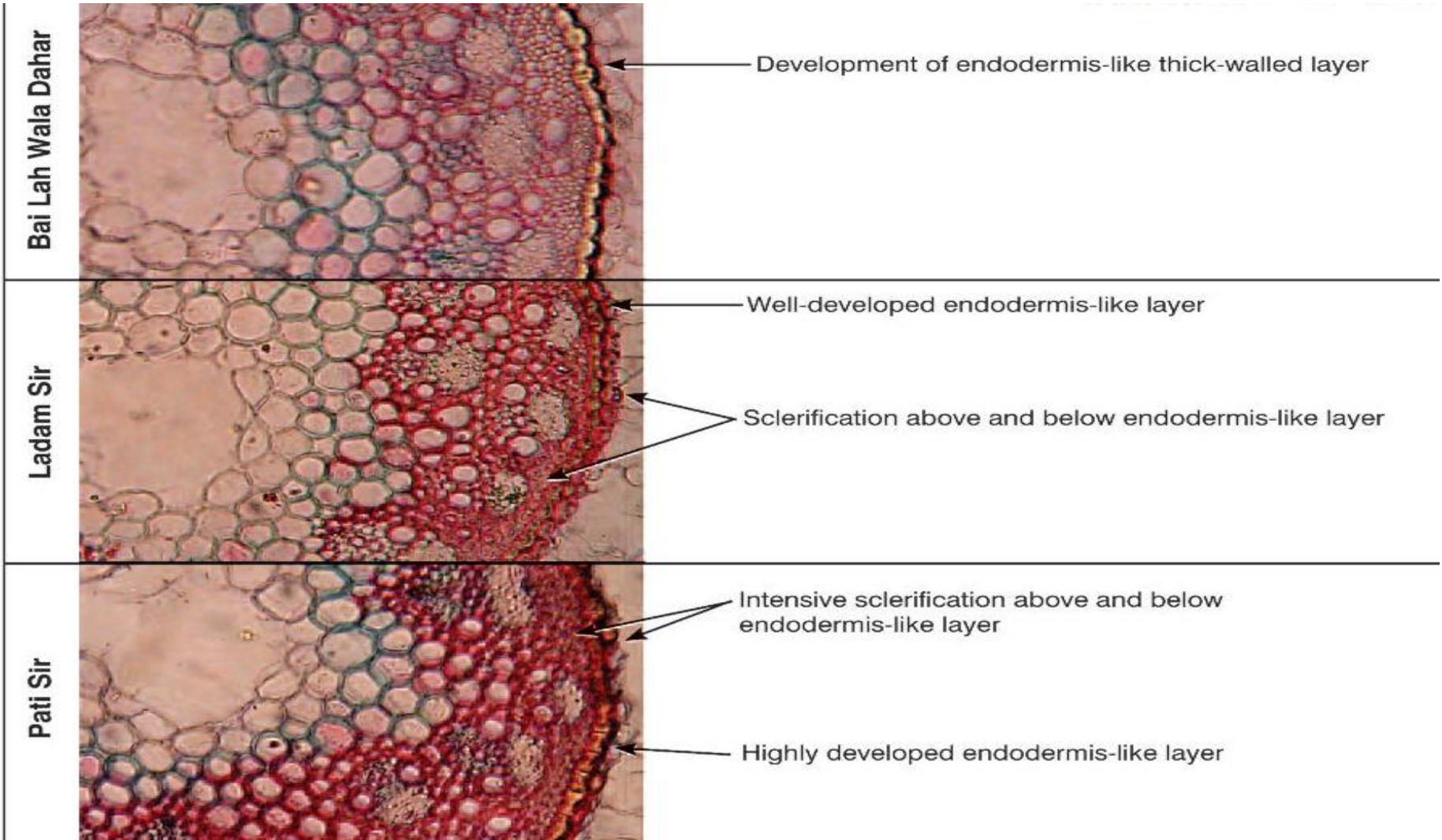
Şekil 3. Farklı alanlardan toplanmış olan *Aeluropus lagopoides* 'in gövde anatomik özellikleri. DF: en az tuzlu, TT ve BD: orta tuzlu, LS ve PS: yüksek tuzlu.



Şekil 4. Farklı alanlardan toplanmış olan *Aeluropus lagopoides* 'in gövde anatomik kesitleri

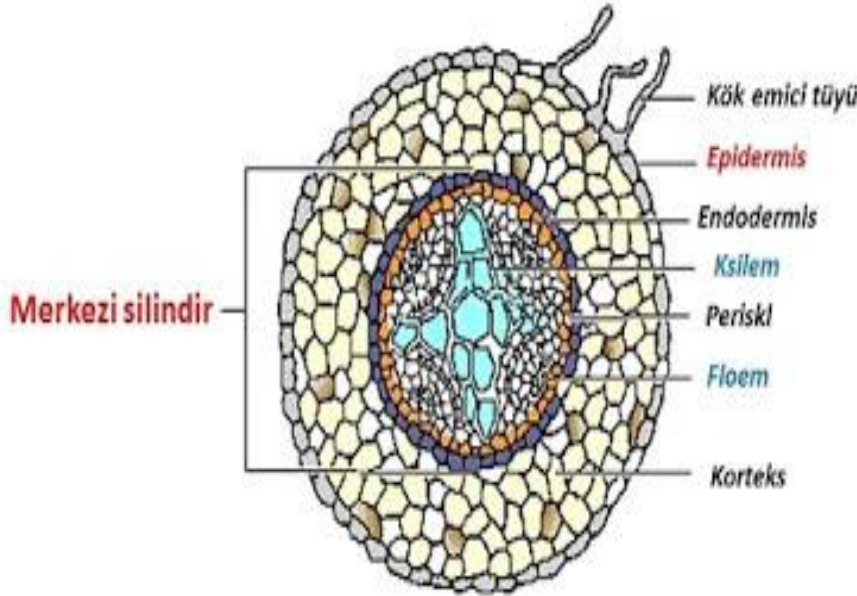
Artan sklerenkimanın, kuraklık şartları altında bulunan bitkilerde gövdeden su kaybını azaltmak için geliştirilen önemli bir strateji olduğu düşünülmektedir.

Yüksek tuzluluğun, bu bitkinin gövdesinde endodermis benzeri yeni bir tabakanın gelişmesine sebep olduğu belirlenmiştir.

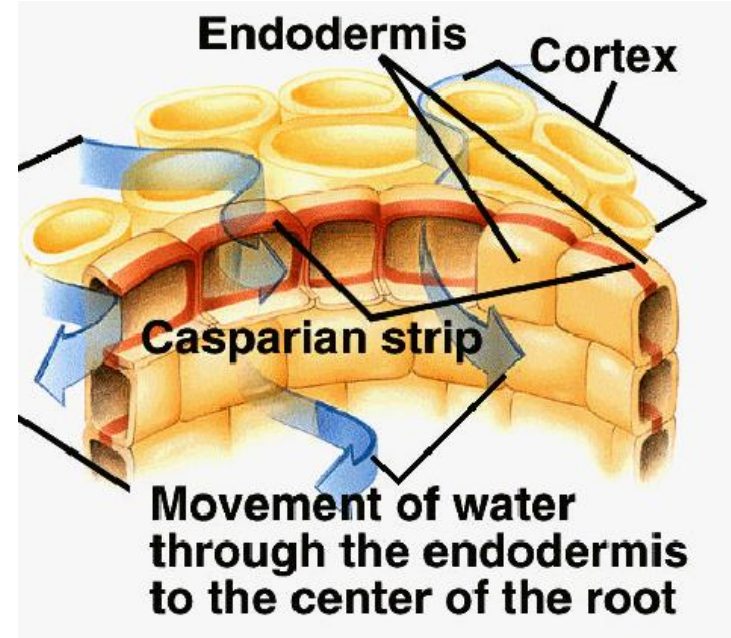




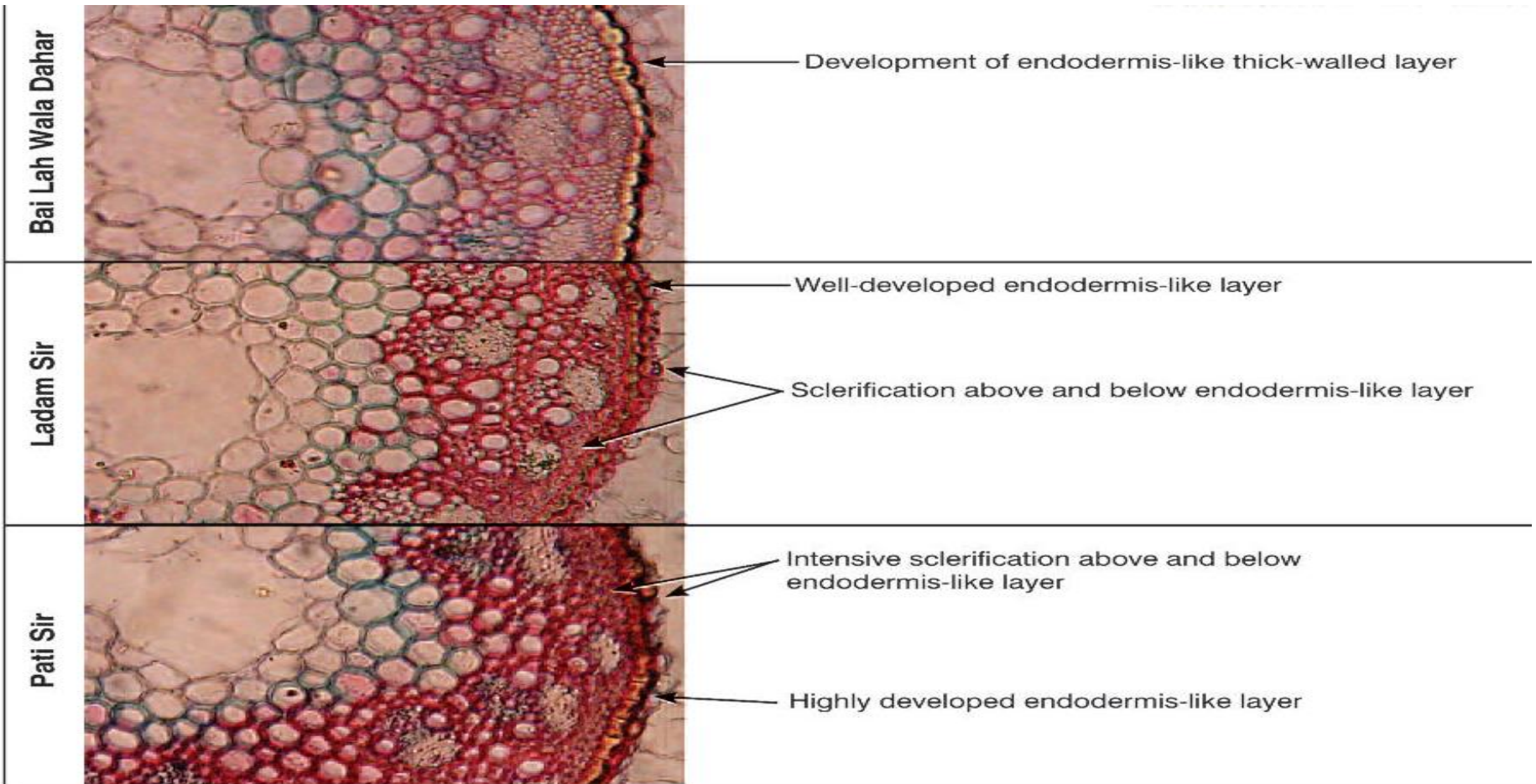
Bilindiği gibi endodermis, kökte sadece mekanik destek sağlayan bir yapı değildir, aynı zamanda besin ve su akışı için de bir bariyer görevi yapar.

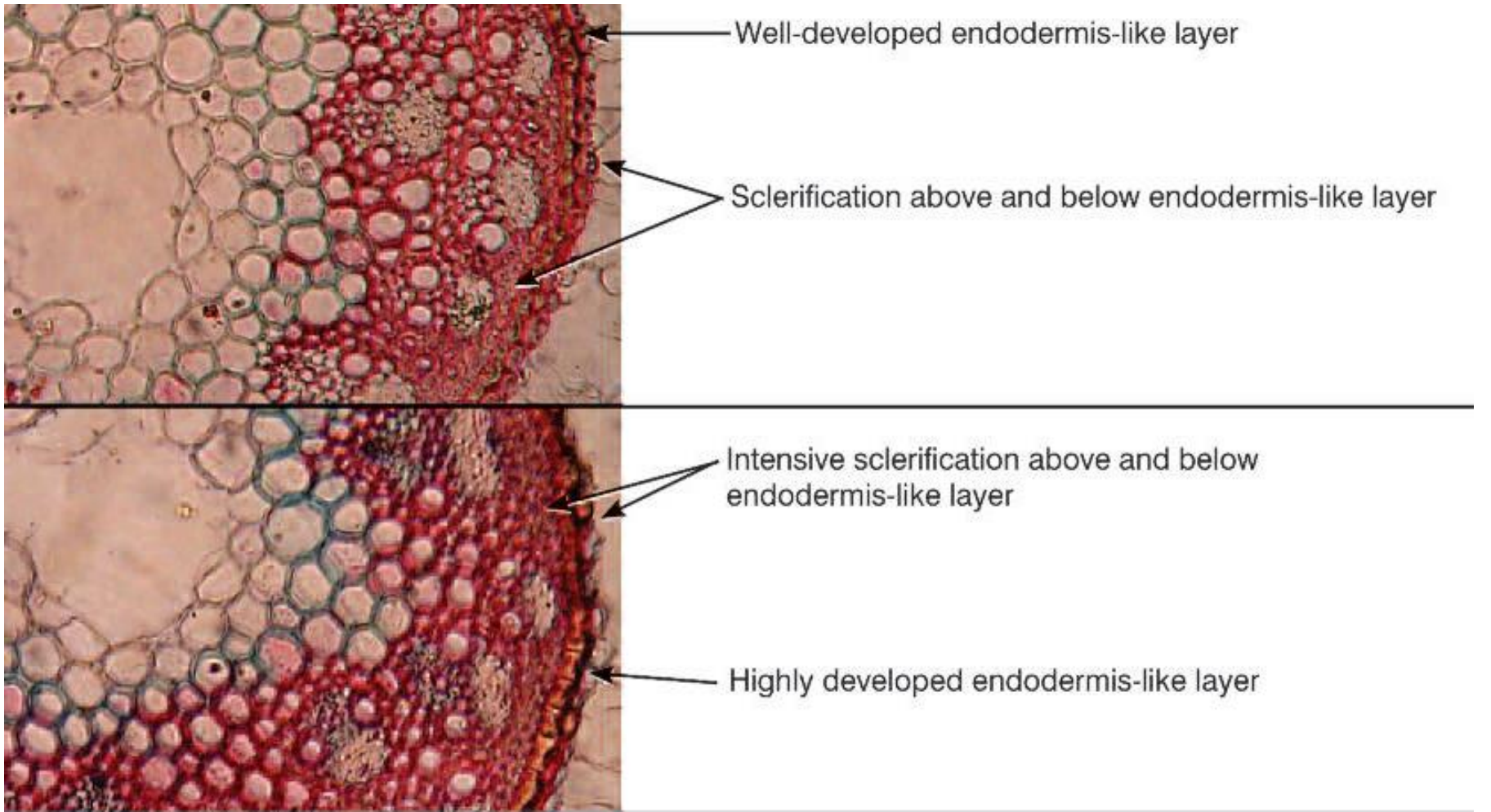


Çift çenekli bitkide kökün primer yapısı



Gövdede ise bu tabaka, yüksek tuzluluk şartları altında epidermis ve korteks gibi dış tabakalarda meydana gelen zararlardan gövdenin daha içte bulunan tabakalarını koruma görevi üstlenmiş olabilir.





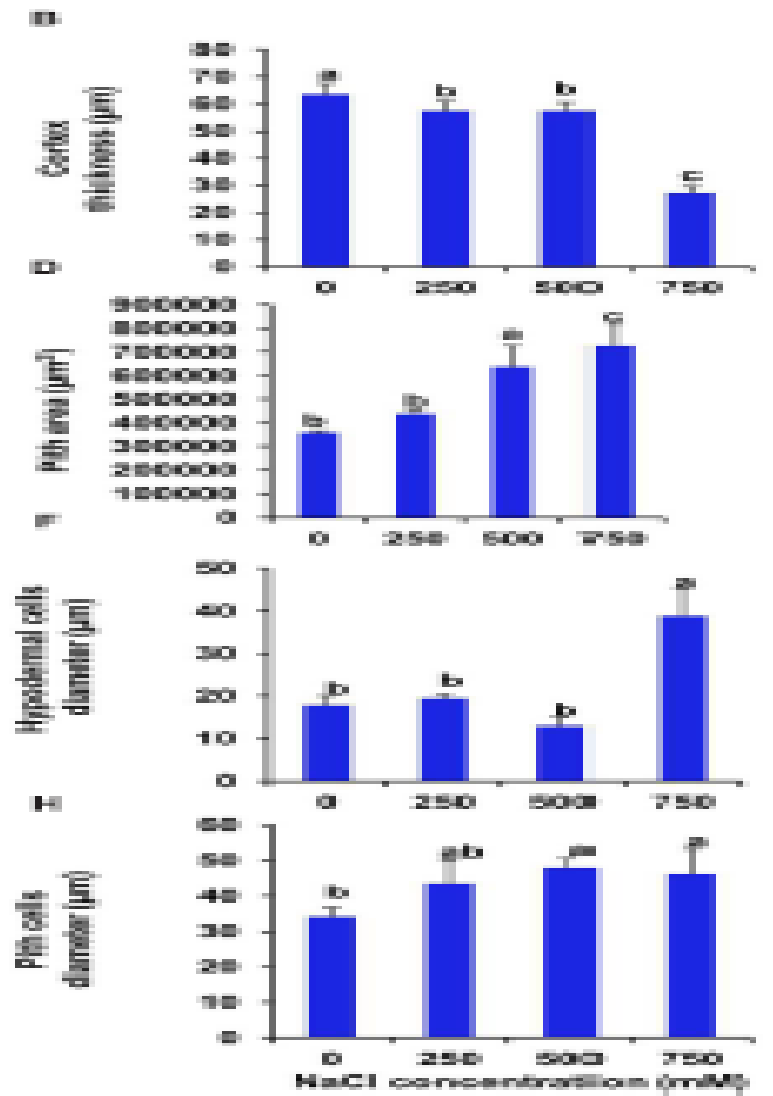
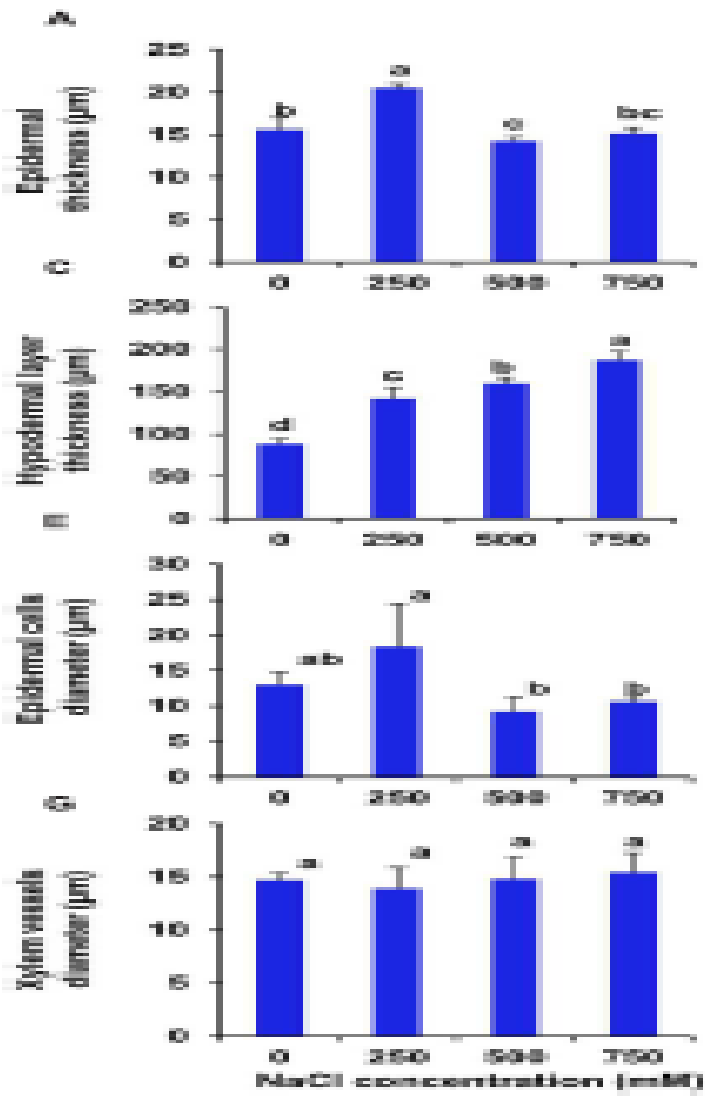
Tuzlu alanlarda gövdedeki iletim demetleri bölgesinin de önemli derecede artış gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan araştırma sonuçları, protoksilem, metaksilem ve floem alanlarının yüksek tuz konsantrasyonuna bağlı olarak artış gösterdiğini ortaya koymuştur.

İletim demetleri alanındaki bu artışın, tuz stresi altında yetişen bitkilerde suyun daha iyi iletilmesinden sorumlu olduğu ve fotosentez için gerekli olan besin elementlerinin de daha iyi iletilmesinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Halofit bir bitki türü olan *Salvadora persica* ile yapılan bir diğer çalışmada, 21 günlük tuz stresi uygulaması sonucunda, bitkinin gövde anatomisinde ne gibi değişiklikler olduğu belirlenmiştir.



Gövde epidermal tabakasının kalınlığı düşük tuzlulukta (250 mM NaCl) %32 oranında artmış, halbuki orta (500mM NaCl) ve yüksek (750 mM NaCl) konsantrasyonda kontrol bitkilerine göre önemli bir değişiklik göstermemiştir (Şekil 5 A).

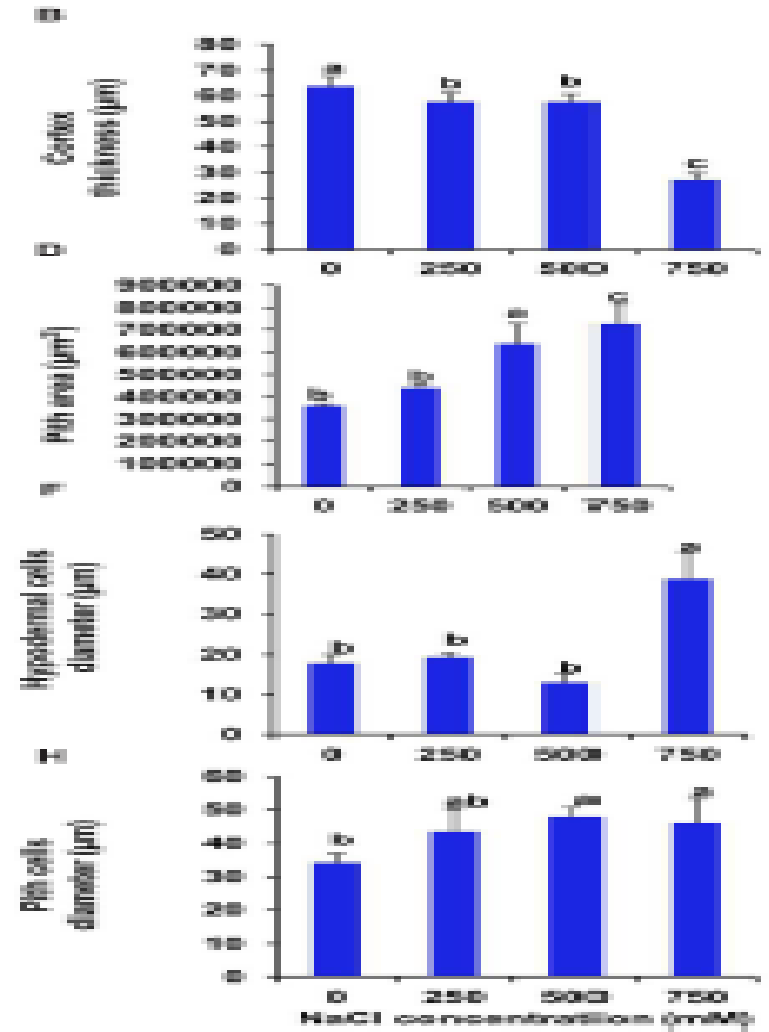
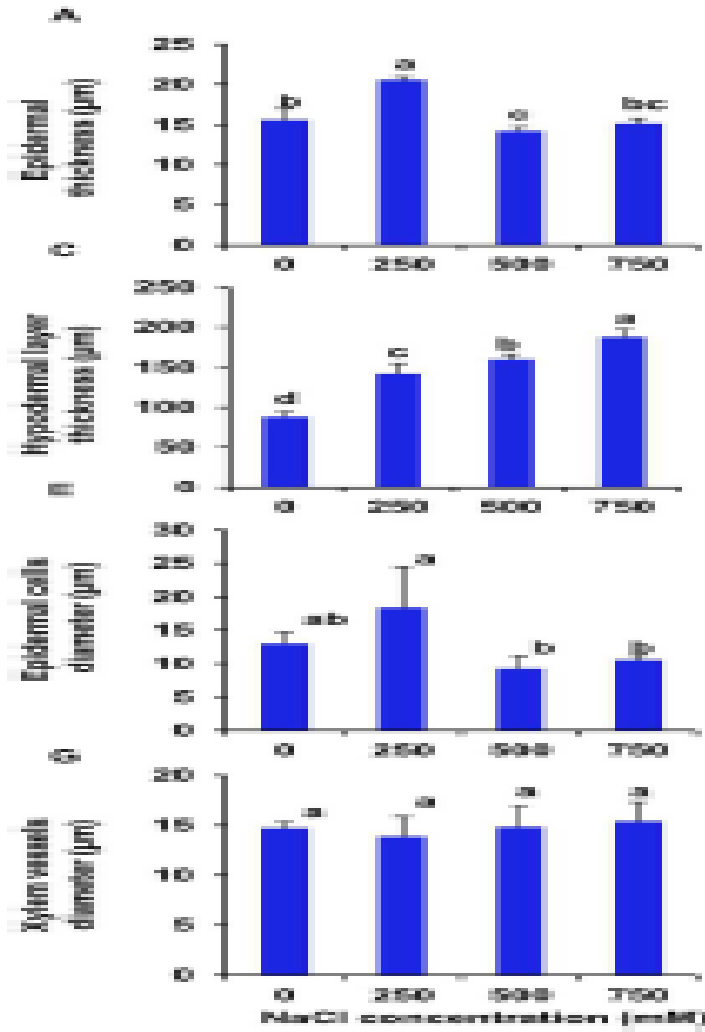


Şekil 5. *S. persica* nın gövdesinde tuzluluğun teşvik ettiği gövde anatomik modifikasyonları. A) Epidermal tabaka B) Korteks C) Hipodermal tabaka D) Öz bölgesi E) Epidermal hücrelerin çapı F) Hipodermal hücrelerin çapı G) Trakelerin çapı H) Öz hücrelerinin çapı

Bu değişikliğin, halofit bitkilerin transprasyon oranını minimuma indirmek ve böylece mezofil dokularındaki su miktarının devamını sağlamak açısından önemli olduğu vurgulanmaktadır.



Yapılan araştırma sonucu, gövdedeki korteks tabaka kalınlığının 250 ve 500 mM NaCl ile muamele edilen bitkilerde % 9.5 oranında azaldığı belirlenmiştir (şekil 5B).



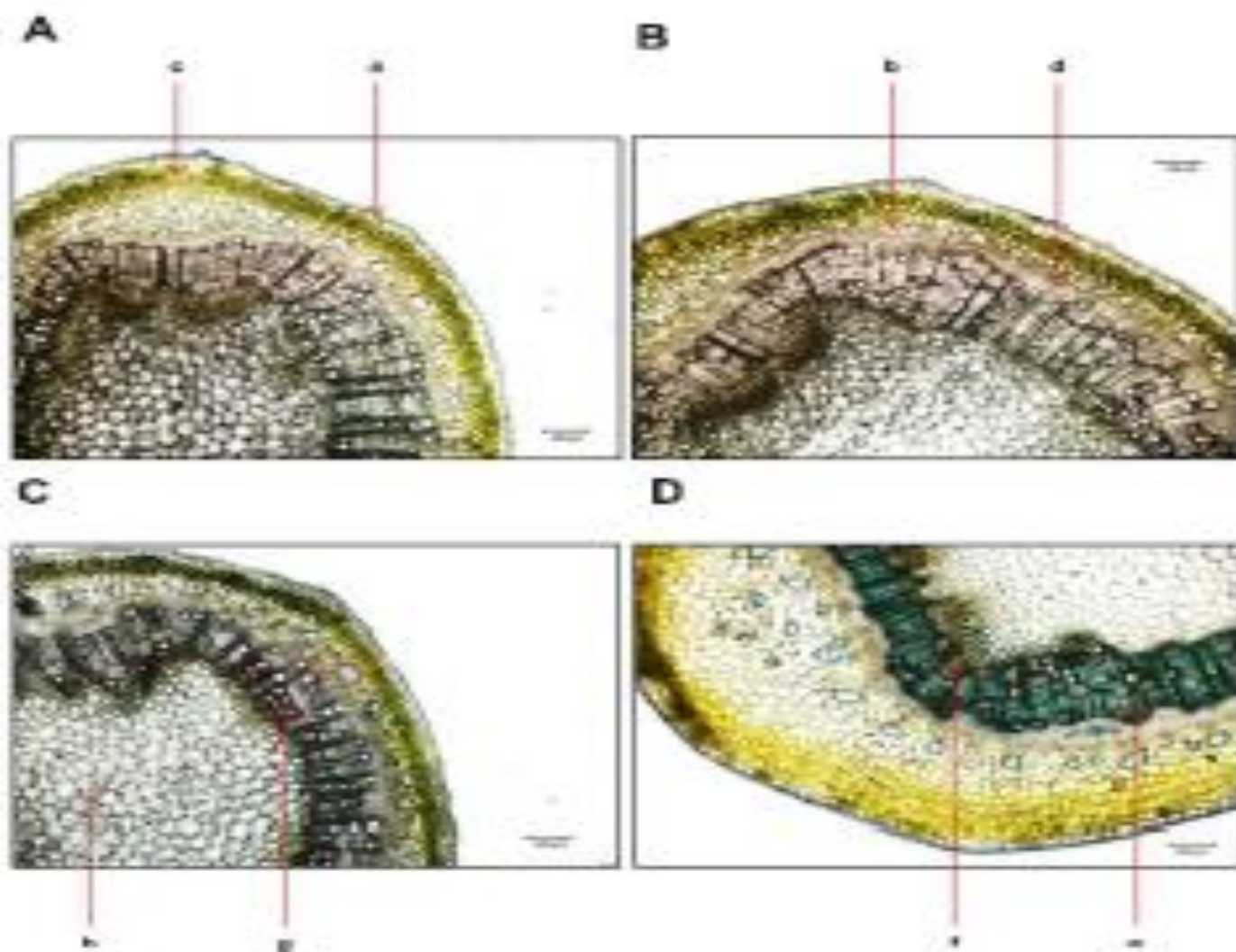
Şekil 5. *S. persica* nın gövdesinde tuzluluğun teşvik ettiği gövde anatomik modifikasyonları. A) Epidermal tabaka B) Korteks C) Hipodermal tabaka D) Öz bölgesi E) Epidermal hücrelerin çapı F) Hipodermal hücrelerin çapı G) Trakelerin çapı H) Öz hücrelerinin çapı

Gövde korteks hücre tabakasındaki bu azalışın, esas olarak tuzluluğa yanıt olarak korteks hücrelerinin bozulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bu olayın, tuza maruz kalan bitkilerin hayatta kalabilmek için gerekli enerjiyi koruyarak stresli koşullar altında büyümeyi azaltması bakımından önemli olabileceği düşünülmektedir.

Gövdedeki hipodermal tabakanın kalınlığı ve öz bölgesinin kalınlığı da tuzluluk artışına bağılı olarak artmıştır (Şekil 5 ). Kontrol bitkileri ile kıyaslandığında hipoderma tabakasının kalınlığı 250, 500 ve 750 mM NaCl ile muamele edilen bitkilerde sırasıyla %59, %80 ve %112 oranında artış göstermiştir.

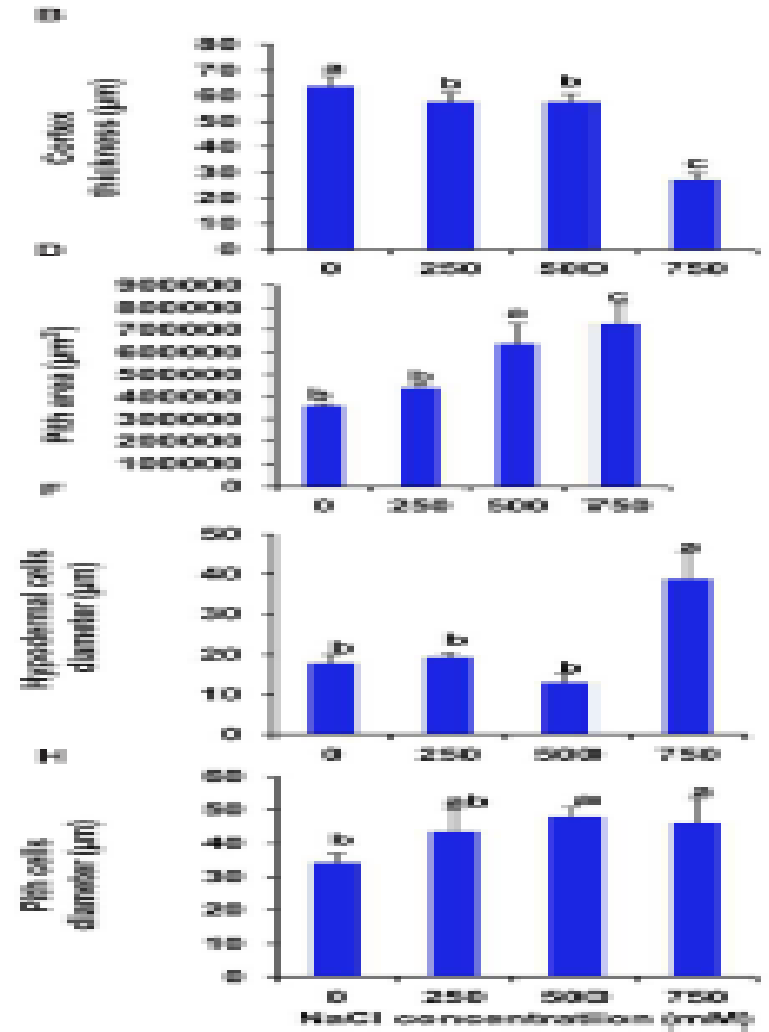
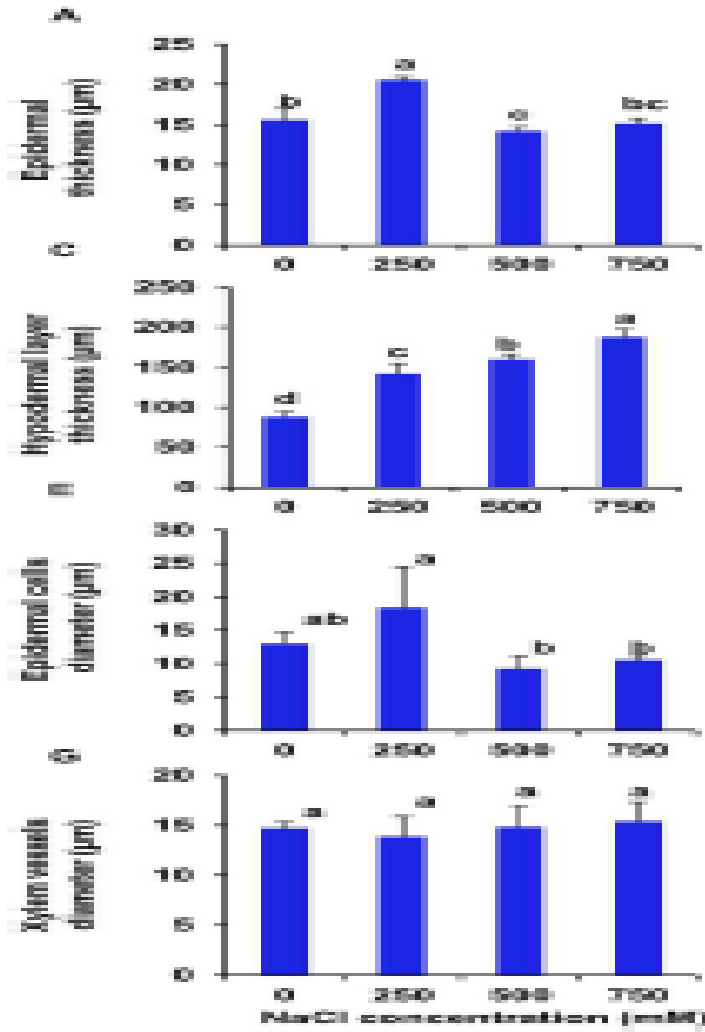
Öz bölgesindeki artış da dikkat çekicidir (Şekil 5D).



**FIGURE 5 | Effects of salinity on stem anatomy (10X magnification) of *S. persica* seedlings treated with various levels of salinity. (A) Control (0 mM); (B) 250 mM; (C) 500 mM and (D) 750 mM NaCl. The different letters in the figure represents: a-epidermis; b- hypodermis; c- cortex; d- Endodermis; e- vascular bundle; f- phloem; g- xylem and h- pith.**

Bu çalışmada gövdede bulunan ksilem elemanlarının çapının tuzluluktan çok fazla etkilenmediği tespit edilmiştir (şekil 5 G).

Oysa diğer bitkilerle yapılan birçok çalışma trake çapının artan tuzluluğa bağlı olarak azaldığını göstermiştir.



Şekil 5. *S. persica* nın gövdesinde tuzluluğun teşvik ettiği gövde anatomik modifikasyonları. A) Epidermal tabaka B) Korteks C) Hipodermal tabaka D) Öz bölgesi E) Epidermal hücrelerin çapı F) Hipodermal hücrelerin çapı G) Trakelerin çapı H) Öz hücrelerinin çapı

Bu sonuçtan hareketle, köklerin tuzluluğa maruz kalan bitkilerde birincil bölge olduklarından dolayı kökte bulunan ksilem elemanlarının strese karşı daha fazla cevap oluşturdıkları ve stres faktörlerinden daha fazla etkilendiği ileri sürülmektedir.

Nitekim yapılan araştırmalar, kökte tuzluluk artışına bağlı olarak trake çapının daha fazla etkilendiğini ve trake çapında belirgin bir azalma olduğunu ortaya koymuştur.