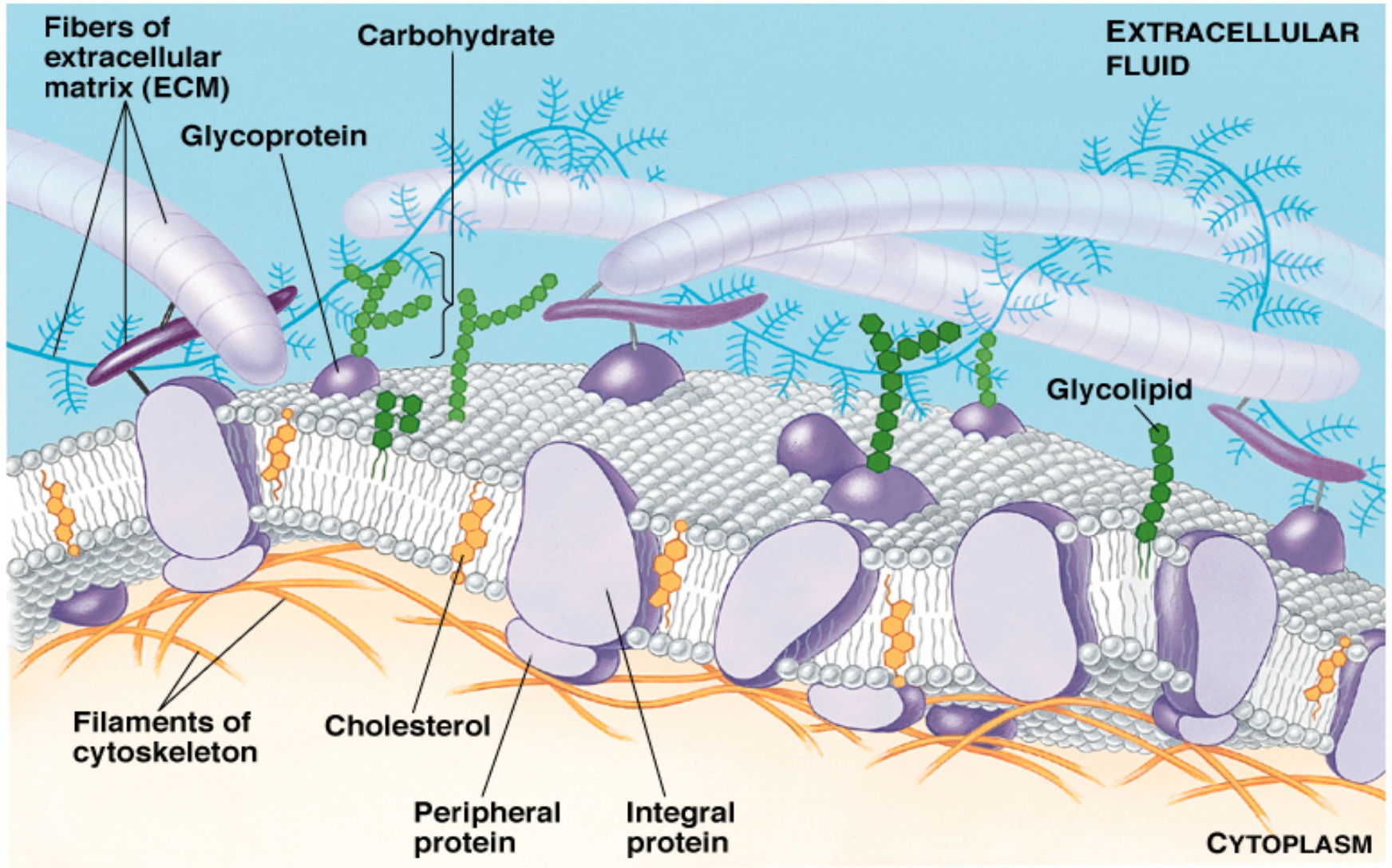
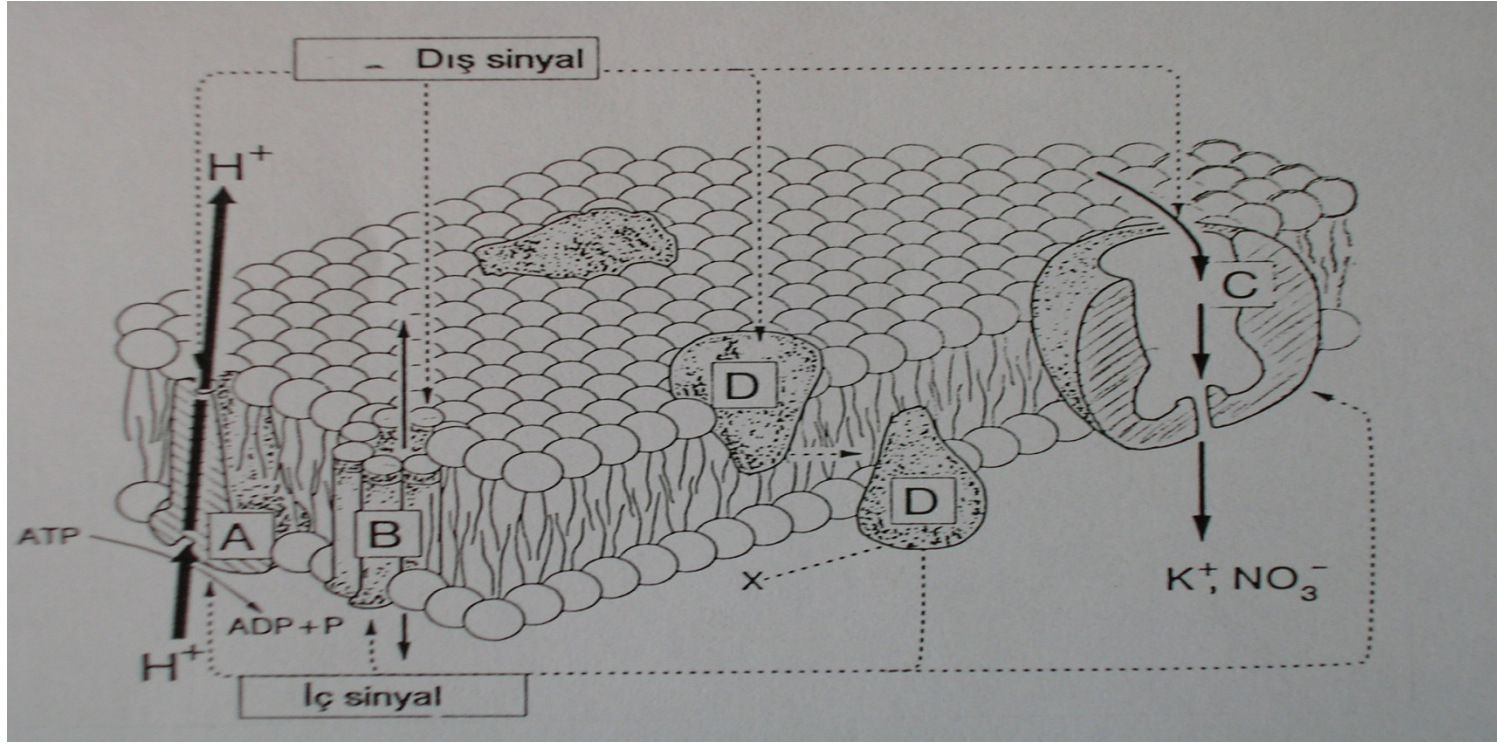


Aktif ve pasif iyon alımı

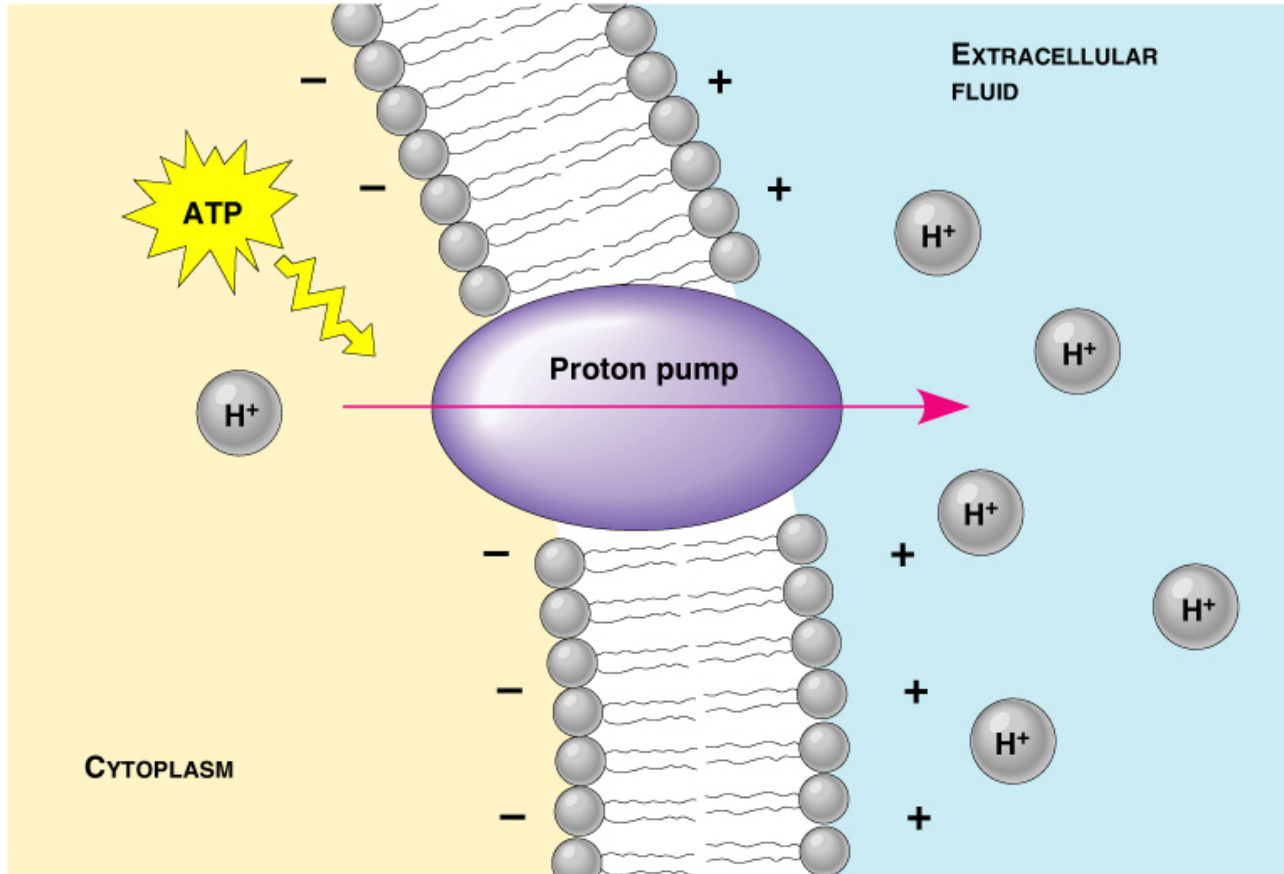
- Moleküllerin membranı geçerek taşınmaları için aktif proses her zaman gerekli değildir. Moleküllerin bir kısmı dış ortamdan membran içine konsantrasyon farkına bağlı olarak çok yoğun ortamdan az yoğun ortama doğru difüzyon ile taşınabilmektedir. Bu taşınım olayı termodinamik bakımdan pasif bir taşınım şeklidir.
- Bunun aksine potansiyel enerji gradientine zıt yönde taşınım olayı için mutlaka enerjiye ihtiyaç duyulan (membranda iyon pompası gibi, ATPaz) mekanizmalara gereksinim vardır.
- ATP' nin yönettiği H⁺ pompası H⁺ i membranlar aracılığıyla iç yüzeyden dış yüzeye taşımaktadır. Örneğin H⁺ ler sitoplazmanın plazma membranından apoplazma taşınmaktadır. Böylece pH ve elektropotansiyelde bir gradient oluşmaktadır. Katyon ve anyonların gradient yönünde taşınımına iyon seçici taşıyıcılar veya kanallar aracılık etmektedir.

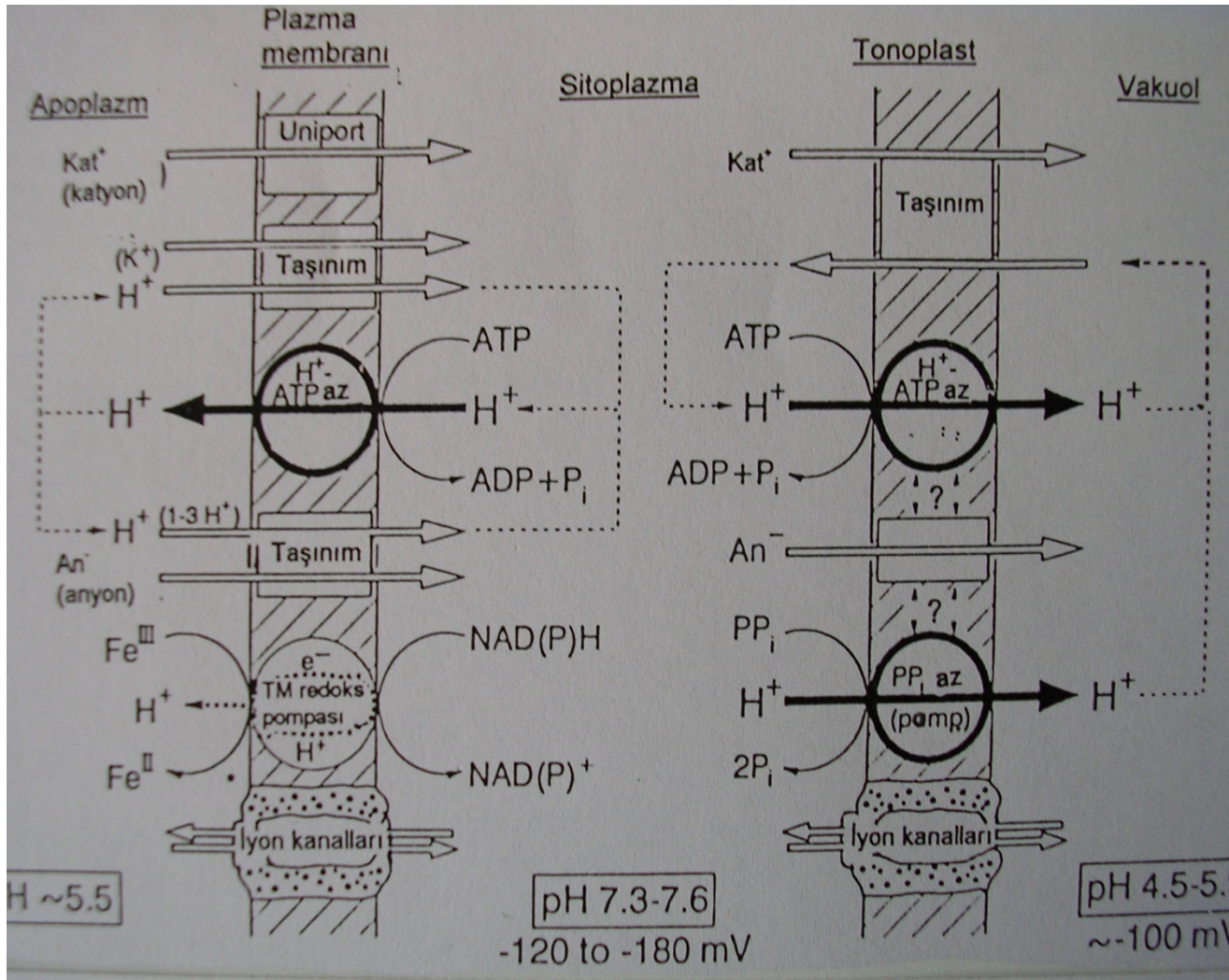




Şekil 2.7. Plazma membranlarında iyon taşınımında temel mekanizmalar. A: H^+ pompalayan ATPaz; B: İyon kanalı; C: Taşıyıcı; D: Sinyal alan ve sinyalleri yansıtan proteinler

Bitkilerdeki proton pompaları plazma membranı ve tonoplastta yer almaktadır ve bunlar sitoplazmanın pH' sını düzenlemektedir. Bu protonlar H^+ i plazma membranı aracılığıyla sitoplazmadan apoplazma veya tonoplast aracılığıyla vakuole göndererek bu kısımlar arasında oluşan tipik pH farklılaşmalarını sağlarlar.

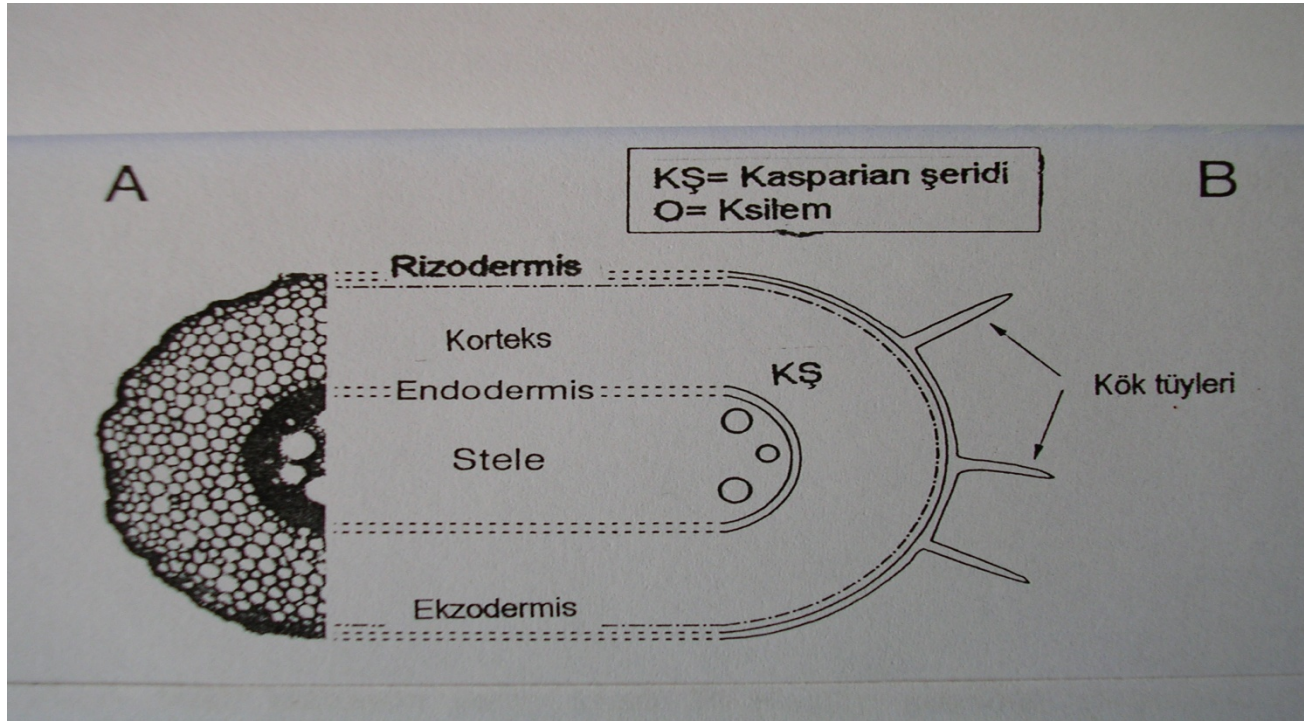




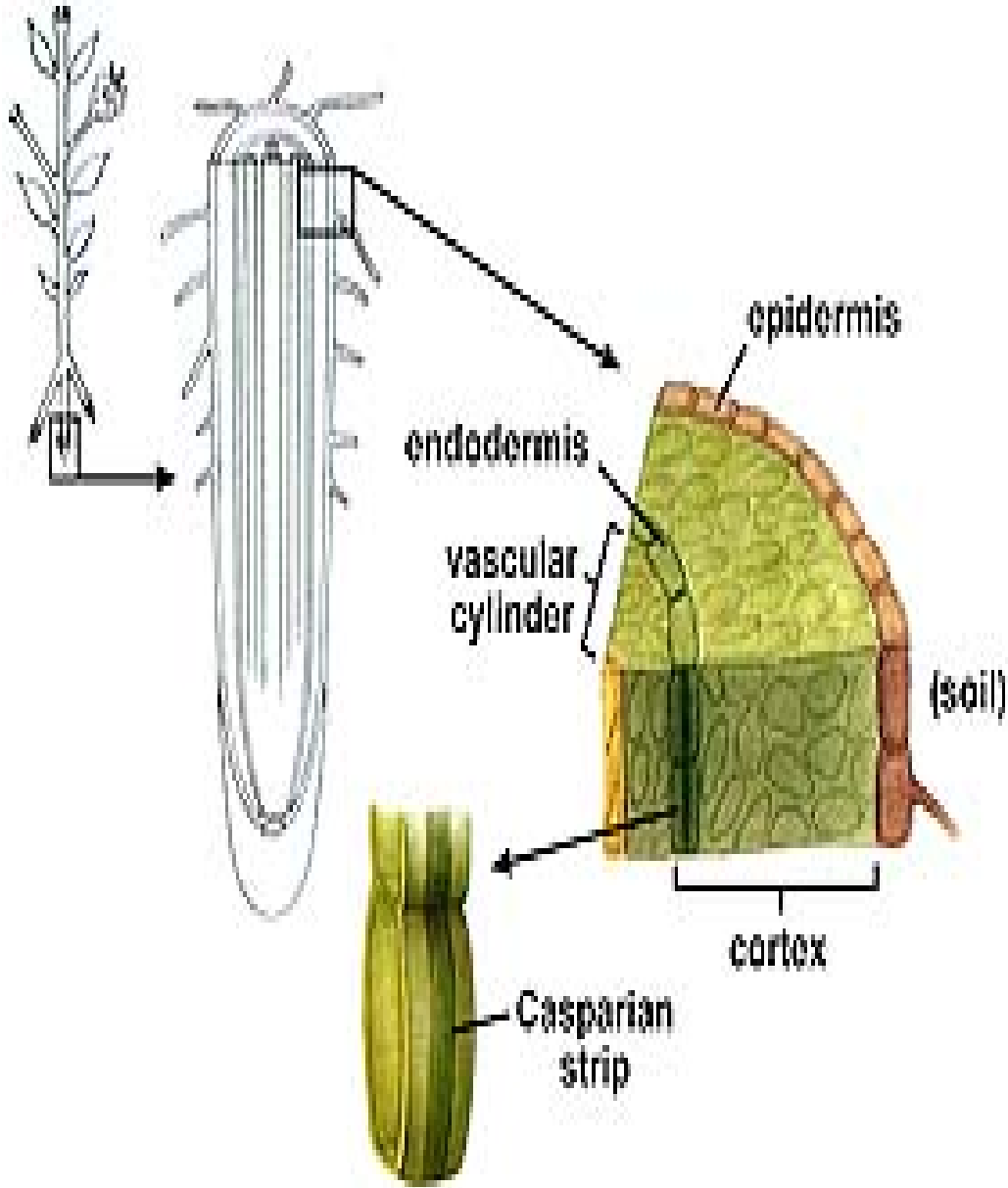
Şekil 2.8. Elektrojenik proton pompaları ($H^+-ATPaz$, PP_i-az) nın lokasyonu ve fonksiyonları, transmembran redoks pompası ($NAD(P)$ oksidaz), iyon kanalları ve katyon ve anyonların plazma membranı ve tonoplastı geçerek taşınımlarına ilişkin model

Köklerin İyon Alım Karakteristikleri İyonların apoplazma geçişleri

İyonlar kök hücrelerinin plazma membranına ulaşmadan önce hücre duvarını geçmek zorundadırlar. İyonlar ve diğer küçük molekül ağırlıklı maddelerin difüzyon ve kitle hareketi ile taşınımı köklerin dış yüzeylerinde yer alan rizodermal hücreler tarafından engellenir (Şekil 2.11).



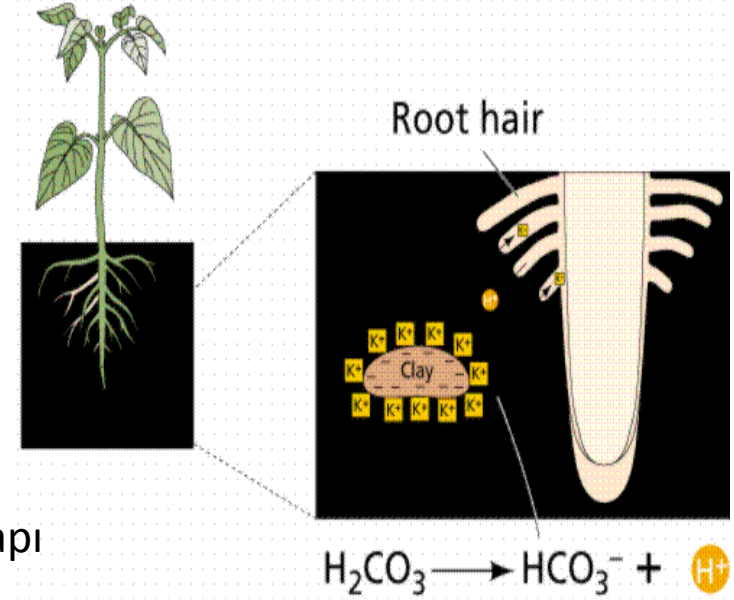
Şekil 2.11. A. Mısır kökünün yatay kesiti B. Kesitin şematik görünümü



Endodermisi enine ve boydan boya çevreleyen hücre duvarları, hidrofobik özellikte olup kasparyan şeridi adı verilen bu oluşum ile iyonların kökün orta merkezi silindrine (steleye) geçişi engellenir. Ekzodermis iç kabukta mikroorganizmaların kolonizasyonunu engelleyici bariyer fonksiyonuna sahiptir.

İyonların fizikokimyasal özellikleri ve kök metabolizması

- Apoplazmanın hücre duvarlarında yüklü iyon grupları arasındaki interaksiyonlara rağmen, köklerin iyon alım karakteristikleri iyonların plazma membranını geçişleri ile belirlenir. Membranların dinamik özelliklerine rağmen iyonların çapı ve yükleri gibi fizikokimyasal özellikleri onların membrandan geçişlerini belirlemede dikkate değer bir öneme sahiptir.



İyon alımında yüklerin önemi
Membranların yapı taşları olan fosfo- ve sülfolipidler ve proteinler elektriksel yüklü grupları içerirler ve iyonlar bu gruplar ile interaksiyon halindedir. Genel bir kural olarak, bir interaksiyonun gücü aşağıdaki sıralama şeklindedir:

Yüksüz molekül < Kat.+ , An.- < Kat.+2 , An.-2 < Kat.+3 , An.-3

İyonların alınma oranları ise bu sıralamanın tersinedir. Yine iyonların hidrate çapları da bu sıralamayı etkilemektedir.

- **Metabolik aktivite**

İyonlar ve diğer moleküller konsantrasyon gradientine zıt yönde akümüle olduklarından enerjiye ihtiyaç duyarlar. Bu enerji fotosentez yapmayan doku ve hücrelerde (kökler dahil) respirasyon tarafından sağlanır. Respirasyonu etkileyen bütün faktörler iyonların akümüülasyonunu da etkilemektedir.

Oksijen: Oksijen tansiyonu düşük olduğunda, potasyum ve fosfat gibi iyonların alımı azalmaktadır. Sonuç olarak oksijen noksanlığı havalanmanın iyi olmadığı ortamlarda bitki gelişimini sınırlandıran faktörlerden birisidir.

Karbonhidratlar: Solunumda enerjinin temel kaynağını karbonhidratlar oluşturur. Bu nedenle, kökler ve diğer fotosentez yapmayan dokularda iyon alımı ile bitkilerin karbonhidrat kapsamları arasında önemli ilişki vardır.

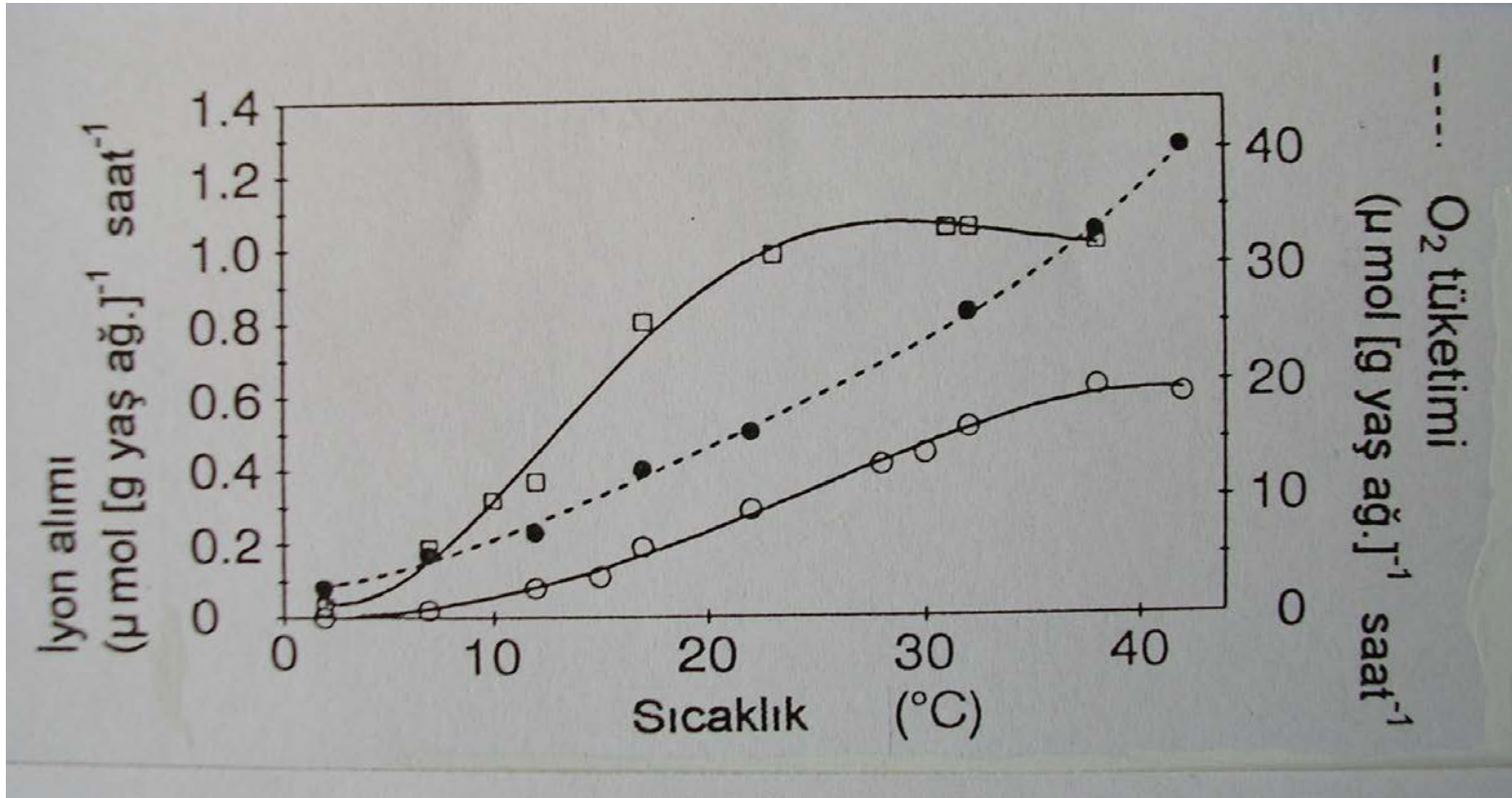
Çizelge 2.10. Kök civarında kısmi oksijen basıncının arpa bitkisinin potasyum ve fosfat alımına etkisi

Kısmi oksijen basıncı (%)	Oransal alım	
	Potasyum	Fosfat
20	100	100
5	75	56
0.5	37	30

Çizelge 2.11. Köke giden şekerlerin engellenmesi durumunda arpa bitkilerinin solunum (O_2 alımı) ve azot alımı

Zaman (Saat)	Şeker içeriği ($\mu\text{mol g}^{-1}$ kuru ağ.)	Net alım ($\mu\text{mol g}^{-1}$ kuru ağırlık dak^{-1})		
		O_2	NH_4^+	NO_3^-
0	82	4.5	1.8	1.5
3	51	3.3	1.1	1.0

Sıcaklık: Kimyasal reaksiyonların büyük bir kısmı sıcaklığa bağımlıdır. Kimyasal reaksiyonların hızı sıcaklığın artmasına paralel olarak artış gösterir. Şekil 2.15' de görüldüğü gibi iyonların alımı sıcaklığa bağlı olarak artış göstermektedir.



Şekil 2.15. Mısır köklerinde sıcaklığın respirasyon oranı (O) ile P (O) ve K (□) alımına etkisi (P ve K, 0.25 mM uygulanmıştır, Brava ve Uribe, 1981)

İyonlar arasındaki interaksiyonlar

Bitkilerin yetiştirildikleri ortamlarda katyonlar ve anyonlar değişik form ve konsantrasyonlarda bulunmalarından dolayı, iyon alımı sırasında değişik interaksiyonlar görülmektedir. Bunlardan bazıları aşağıda açıklanmıştır.

Çizelge 2.12. Mısır köklerinde NH_4 ve K arasındaki interaksiyon. K: 0.15 mM düzeyinde uygulanmıştır.

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (mM)	Kökün bileşimi ($\mu\text{mol g}^{-1}$ yaş ağırlık)			
	Amonyum		Potasyum	
	-K⁺	+K⁺	-K⁺	+K⁺
0	6.9	6.7	8.2	53.7
0.15	7.3	7.1	6.7	48.4
0.50	17.1	13.5	8.9	41.1
5.00	29.4	31.5	9.3	27.1

Çizelge 2.13. Arpa bitkisinin Mg alımı üzerine, K ve Ca' un etkisi (Schimansky, 1981)

	Mg⁺² alımı ($\mu\text{eq Mg}^{+2} (10\text{g})^{-1}$ yaş ağırlık (8 saat) ⁻¹)		
	MgCl₂	MgCl₂+CaSO₄	MgCl₂+CaSO₄+KCl
Kök	165	115	15
Gövde	88	25	6.5

Herbir katyonun konsantrasyonu: 0.25 meq l⁻¹

Çizelge 2.14. Ortamda artan Mn konsantrasyonunun soya' nın Mn ve Mg alımına etkisi

Besin maddesi alımı	Uygulanan Mn (μM)		
	1.8	90	275
Mn	0.5	3.1	4.8
Mg	121.8	81.1	20.2

Çizelge 2.15. Arpa bitkilerinin kök ve gövdesinin klor içeriğine besin çözeltilisinin nitrat konsantrasyonunun etkisi

Besin çözeltilisindeki konsantrasyon (mM)		Klor konsantrasyonu ($\mu\text{mol g}^{-1}$ yaş ağı.)	
Cl⁻	NO₃⁻	Kök	Gövde
1	0	52	93
1	0.2	26	73
1	1.0	13	54
1	5.0	9	46

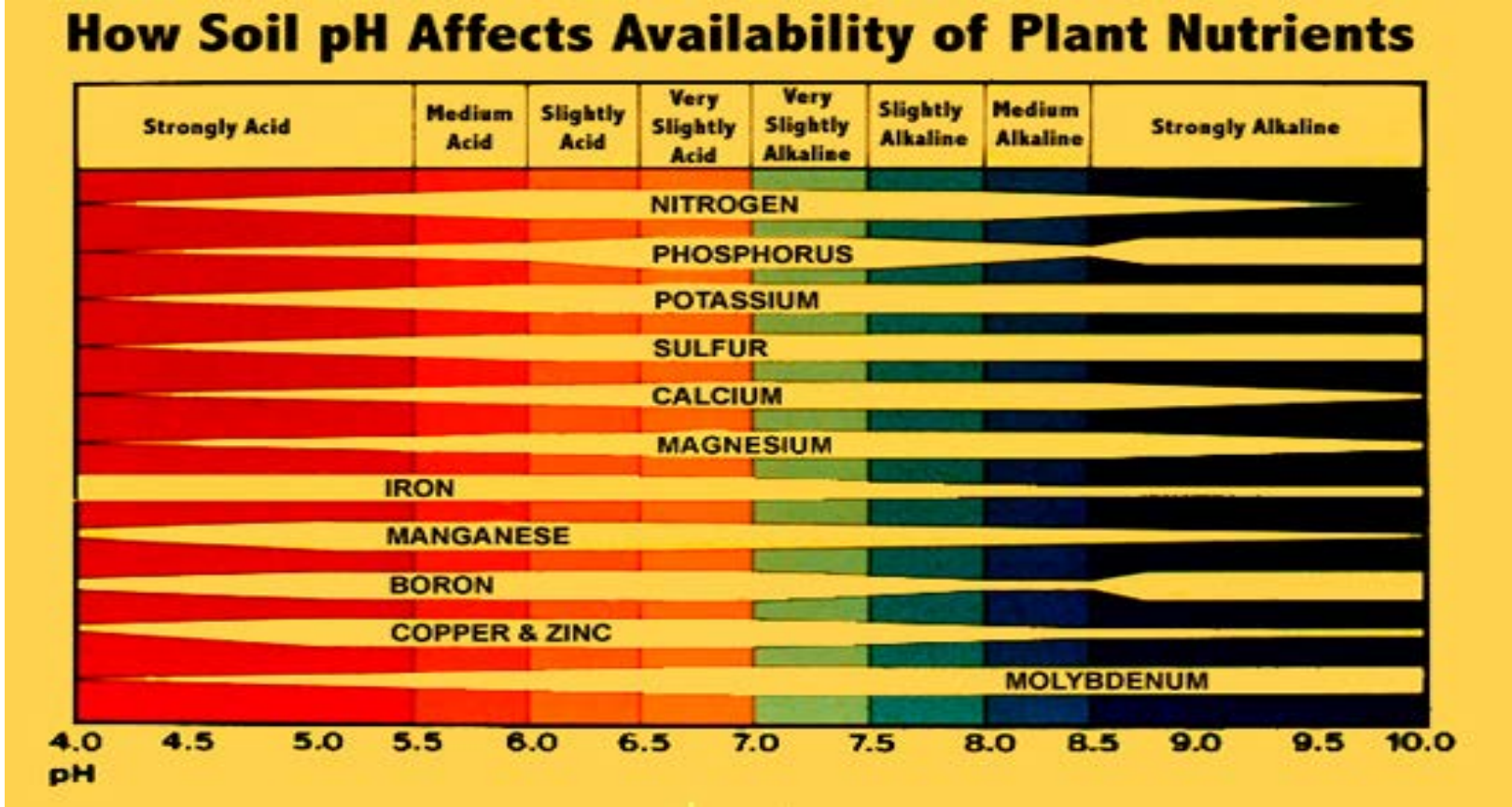
Çizelge 2.16. Besin çözeltilisinde değişik azot kaynakları ile beslenen soğan bitkisinin nitrat alımına ($\text{mg NO}_3 \text{ kg}^{-1}$ yaş ağırlık) klorun etkisi

Uygulamalar	Klor uygulaması (10 mM)	
	-	+
Referans (19 mM NO_3 +1.25 mM NH_4)	6420	4366
Karışık aminoasit (KA) (15.2 mM NO_3 +3.8 mM KA +1.25 mM NH_4)	4939	3533
Üre (15.2 mM NO_3 +3.8 mM Üre +1.25 mM NH_4)	5954	4723
Glisin (15.2 mM NO_3 +3.8 mM Glisin +1.25 mM NH_4)	5950	4573

Çizelge 2.17. Hidrofonik sistemde yetiştirilen iki marul çeşidinin nitrat içeriği üzerine değişik form ve oranlarda azot ile beslenmenin etkisi (Güneş vd., 1994)

Besin çözeltilisinde azot formlarının oransal miktarları (%)				Nitrat konsantrasyonu ($\text{mg NO}_3 \text{ kg}^{-1}$ yaş ağırlık)	
				Çeşitler	
NO_3	NH_4	Üre	Aminoasit	Berlo	Kirsten
94	6	-	-	4579	4332
74	6	20	-	3761	3672
74	6	-	20	3817	3314

İyon alımında pH' nın rolü



Bitkilerin beslenmelerinde protonlar (H^+) ile diğer katyonlar arasında ve hidroksil (OH^-) veya bikarbonat (HCO_3^-) ile diğer anyonlar arasındaki interaksyonlar genel bir öneme sahiptir. Ortam pH' sı 7.5' in altında olduğunda H^+ nin rolü, 7.5' in üzerinde olduğunda da OH^- ve HCO_3^- ün rolü dikkat çekmektedir.

Katyon-anyon ilişkileri

Katyon ve anyon alımları birbirinden farklı olarak düzenlendiği için, katyon ve anyonlar arasında doğrudan dikkate değer düzeyde önemli miktarlarda interaksiyonlar oluşmaz. Örneğin düşük konsantrasyonlarda katyon alımı üzerine, katyonun anyonunun veya anyon alımı üzerine anyonun katyonunun bir etkisi yoktur (Çizelge 2.20).

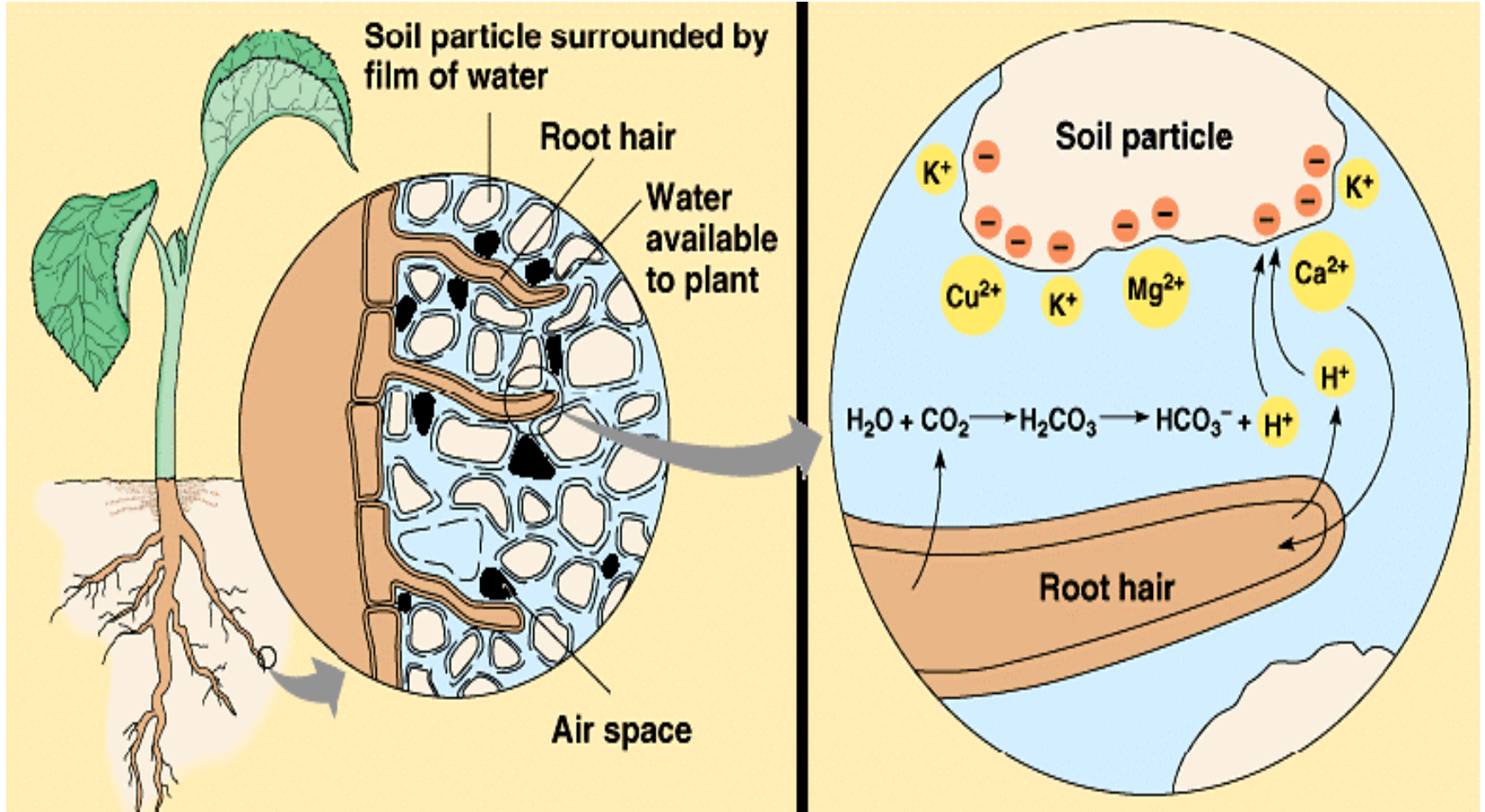
Çizelge 2.20. Mısır köklerinin K^+ ve Cl^- alımına bu iyonların anyon ve katyonlarının etkisi

Konsantrasyon (meq l ⁻¹)	Alım oranı ($\mu\text{eq g}^{-1}$ yaş ağı. saat ⁻¹)			
	Potasyum alımı		Klor alımı	
	KCl	K ₂ SO ₄	KCl	CaCl ₂
0.2	1.6	1.6	0.8	0.7
2.0	2.7	1.9	2.0	1.0
20.0	5.7	2.2	4.3	2.1

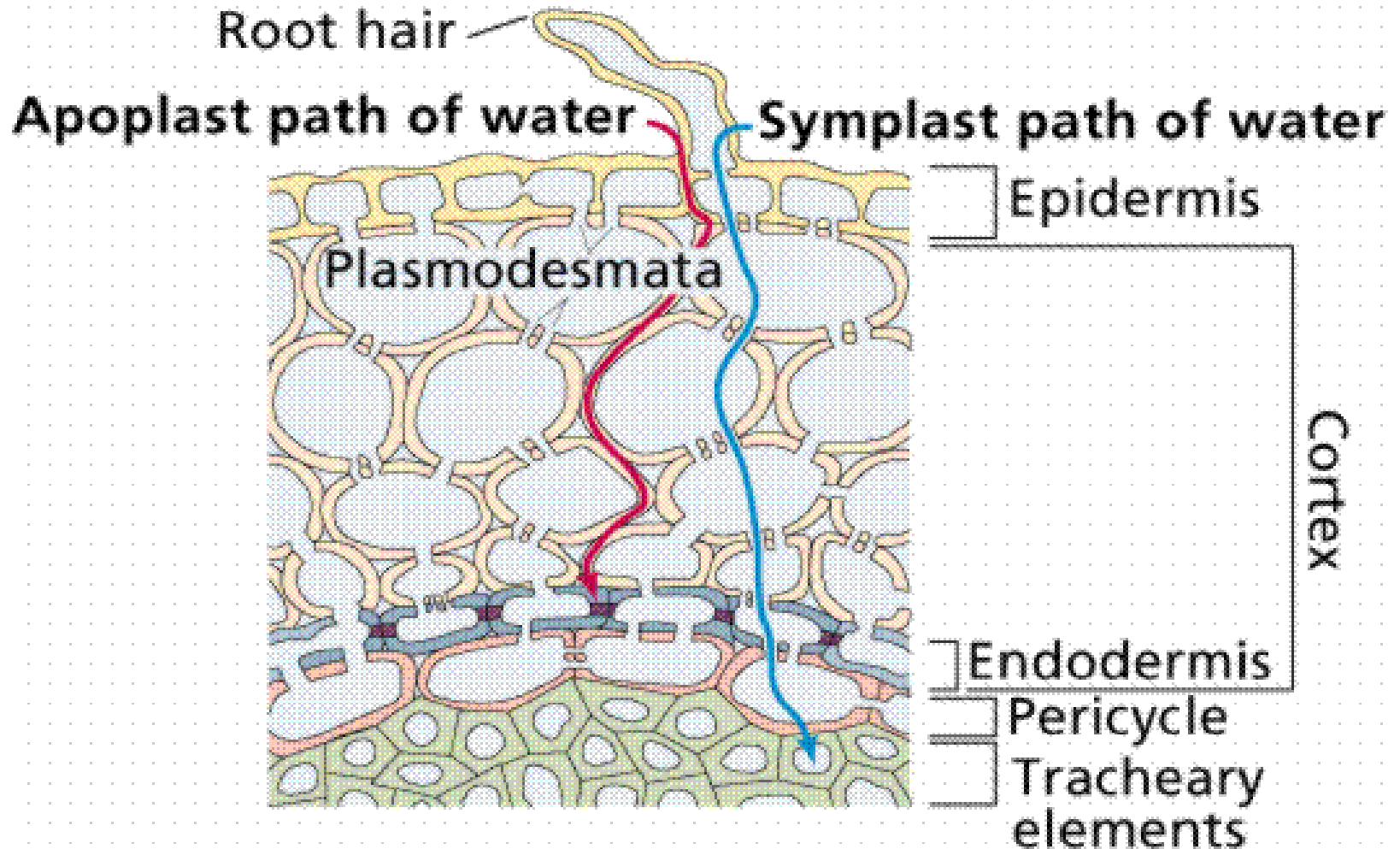
Azot kaynağı (NH_4^+ ; NO_3^- ; N_2 fiksasyonu) bitkilerde katyon-anyon ilişkileri üzerinde anahtar rol oynar. Bitkiler tarafından alınan anyon ve katyonların % 70' i NH_4^+ veya NO_3^- tır. Bu nedenle, prensip olarak NH_4^+ ile beslenen bitkilerin katyon-anyon oranı yüksektir, buna karşılık NO_3^- ile beslenen bitkilerin anyon-katyon oranı yüksektir.

Nitratla beslenen bitkilerde, nitratın kökte indirgenmesi sonucu zamanla ortam pH' sında artışlar görülür. Nitrat ve NH_4^+ karışık olarak uygulandığında, bitkiler öncelikle NH_4^+ u tercih ettiklerinden pH önce düşer daha sonra nitrat beslenmesine bağlı olarak artar.

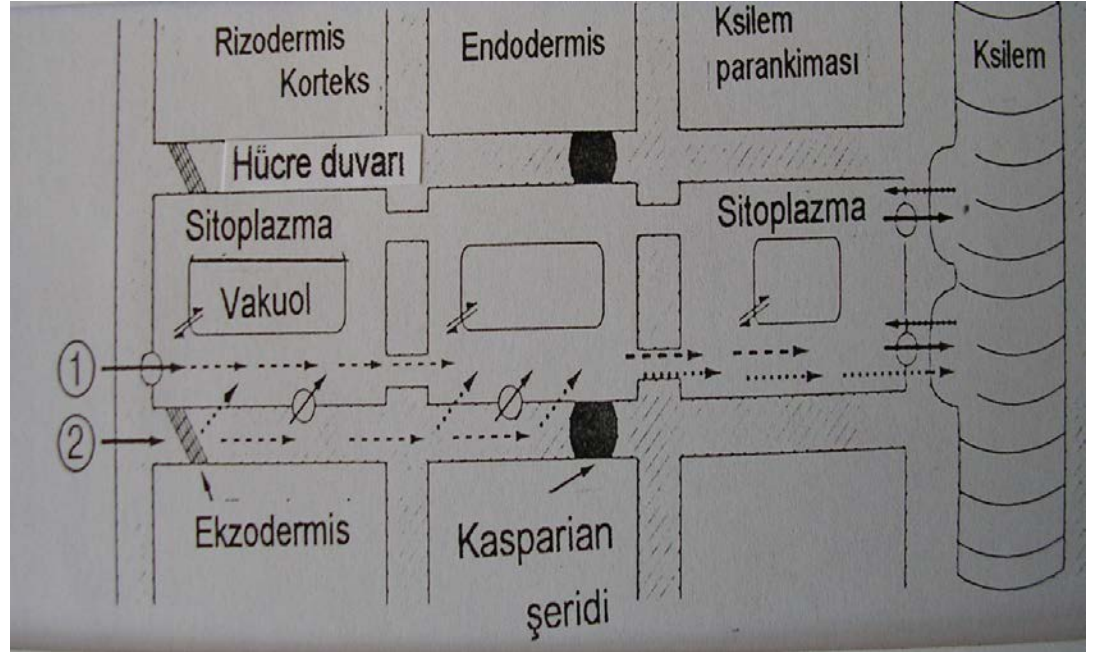
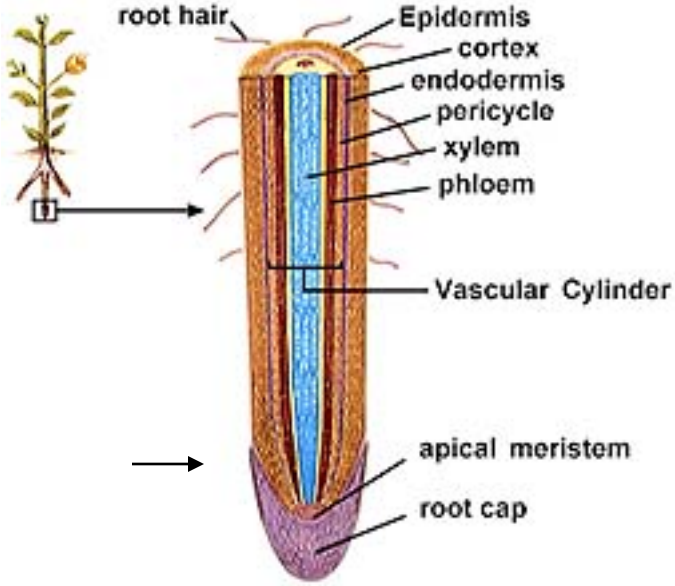
İyon alımında iyon konsantrasyonunun etkisi



Su ve İyonların Kök Eksenini Boyunca Alınmaları



İyonların Ksileme Geçişleri



Şekil 2.32. Simplazmik (1) ve apoplazmik (2) olarak iyonların köklerden ksileme radyal taşınımına ilişkin model. ; aktif taşınım <-----; resorpsiyon (emilme)