

# AZOT

## Toprakta Azot

- Doğada oldukça hareketlidir
- Noksanlığı yaygındır.
- Baklagiller kendi N ihtiyaçlarını karşılayabilirler (% 75 oranında)
- Atmosferde N<sub>2</sub> formunda fazlaca bulunur (Fiks, Gübre End. Elekt. Deşarj)
  - Topraklarda çok az bulunur (< % 0.1)

# • Azot fiksasyonu

1) Abiyolojik

2) Biyolojik (a- Simbiyotik      b- Asimbiyotik)

• N fiksasyonu =  $100-175 \times 10^6$  ton ( $90 \times 10^6$  tonu rizobium)/yıl

• Dünyada toplam N' lu gübre tüketimi  $80 \times 10^6$  ton/yıl

## • Fikse edilen azot miktarı;

- toprak pH' sı
- toprak sıcaklığı
- bitkinin beslenme durumu
- su rejimi
- bakterinin etkinliği veya uygunluğu gibi faktörlere **bağlıdır**

Bitki		Fikse edilen azot miktarı (kg N ha <sup>-1</sup> yıl <sup>-1</sup> )
<b>Yemelik baklagiller</b>		
Calapo	<i>Calopogonium mucunoides</i>	370-450
Bakla	<i>Vicia faba</i>	45-552
Güvercin bezelyesi	<i>Cajanus cajan</i>	168-280
Börülce	<i>Vigna unguiculata</i>	73-354
Kudüs bezelyesi	<i>Vigna mungo</i>	63-342
Guar	<i>Cyanopsis tetragonoloba</i>	41-220
Soya	<i>Glycine max</i>	60-168
Nohut	<i>Cicer arietinum</i>	103
Mercimek	<i>Lens culinaris</i>	88-114
Yerfıstığı	<i>Arachis hypogea</i>	72-124
Bezelye	<i>Pisum sativum</i>	52-77
Fasulye	<i>Phaseolus vulgaris</i>	40-70
<b>Yemlik baklagiller</b>		
Kene üçgülü	<i>Desmodium intortum</i>	897
Sesbania	<i>Sesbania cannabina</i>	542
Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	74-584
Centro	<i>Centrosema pubescens</i>	126-398
Yonca	<i>Medicago sativa</i>	229-290
Yeraltı üçgülü	<i>Trifolium subterraneum</i>	207
Ladino üçgülü	<i>Trifolium repens var. gigantea</i>	165-189
Ak üçgül	<i>Trifolium repens</i>	128
Stylo	<i>Stylosanthes spp.</i>	34-220
Tüylü fiğ	<i>Vicia villosa</i>	110
Kudzu fasulyesi	<i>Pueraria phaseoloides</i>	99

## Baklagil bitkilerindeki nodüllerin;

- büyüklüğü (çimlenmeden 10-28 gün sonra gözle görülebilir)
- şekli
  - rengi
- yapısı ve
  - bulunduğu yer **değişiklik gösterir**

- Toprakta **aşırı azot** varsa nodül oluşumu **gecikebilir**
- Etkili nodüller ana ve yan kökler üzerinde olur (büyük ve içleri koyu **kırmızı** renklidir)
- Etkili olmayan nodüller fazla gelişemezler ve içleri beyaz veya **açık yeşildir**
- Nodülasyon kontrolü için uygun zaman **çiçeklenmenin maksimum** olduğu dönemdir

Çizelge 12.2. Değişik baklagiller için uygun bakteri çeşitleri

Bakteri Çeşitleri	Baklagil Çeşitleri
R. meliloti	Yonca, Taş yoncası, çemen
R. trifolii	Üçgül türleri
R. leguminosarum	Bezelye, bakla, Mürdümük, Mercimek
R. faseoli	Fasulye
R. lupini	Acı bakla
R. japonicum	Soya, Börülce

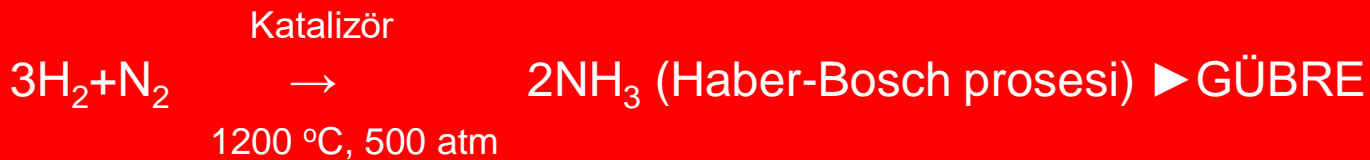
## Asimbiyotik azot fiksasyonu;

- 1) serbest yaşayan bir grup bakteri ( Azotobakter, Beijerinckia, Spirillum ve Enterobakter cinsleri
- 2) mavi yeşil algler (Nostok ve Anabaena Azolla-Anabaena) ► ıslak alanlar

## • Atmosfer olayları ve endüstriyel olarak atmosferden azot fiksasyonu

• Atmosferde; endüstri, toprak ve elektriksel deşarj kaynaklı azotlu bileşikler yağışlarla ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  ve organik azot formunda) yer yüzüne inmektedir.

• Azotlu gübre üretiminde hammadde atmosferdeki azottur.



- **Toprakta azot formları**
- **Topraklarda N < % 0.02 (organik + inorganik)**  
{önemli inorganik azot formları →  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  ve  $\text{NO}_2^-$  (toplam N' un % 2-5 i) }
- **Topraktaki azot formları Gübre ve OM kaynaklıdır**
- **Organik toprak azotu;**  
(proteinler, aminoasitler, amino şekerler ve diğer kompleks azotlu bileşiklerdir)
- **Toprak azotu;**
  - % 20-40 aminoasitlerin bünyesinde
  - % 5-10 amino şekerlerin bünyesinde
  - % 1' den az da pürin ve primidinlerin bünyesinde bulunur

## Bitkiler tarafından absorbe edilen azot formları

$\text{NH}_4^+$  ve  $\text{NO}_3^-$

Bitkide  $\text{NO}_3^-$  miktarı  $\gg$   $\text{NH}_4^+$  miktarı

Bitkilerin azot formu tercihleri;

- bitki çeşidi
- yaşı ve
- bazı çevre faktörlerine bağlıdır

▶ Her iki azot formunu kullanan bitkiler; tahıllar, mısır, şeker pancarı ve çeltik

▶  $\text{NO}_3^-$  tercih eden bitkiler domates, patates gibi sebzeler ve tütün

Azot formları değişik oranlarda alınır daha iyi sonuçlar verir

### Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) alımı;

- Düşük pH' da iyidir
- Organik anyon miktarı ile
- Ca, Mg ve K' un absorpsiyonunda artışa sebep olur

### Amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ) alımı;

- Yüksek pH' da iyidir
- Organik anyon miktarı ile
- Ca, Mg ve K' un absorpsiyonu **AZALIR**ken
- $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  ve Cl absorpsiyonu **ARTAR**

$\text{NH}_4^+$  asimilasyonunda gereksinilen enerji  $<$   $\text{NO}_3^-$  asimilasyonunda gereksinilen

# • Toprakta azotun transformasyonları

- Bitkilere yararlı  $\text{NH}_4^+$  ve  $\text{NO}_3^-$  miktarı;
  - uygulanan azotlu gübre miktarı ve
  - organik toprak azotunun mineralizasyon derecesine bağlıdır

- Mineralizasyon için;

- toprak sıcaklığı
- nem ve
- oksijene uygun olmalıdır

## – Aminizasyon:

- Toprak org. N
  - (Proteinler vs.)
  -
- $\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$
- Bakteri      R-NH<sub>2</sub> + CO<sub>2</sub> + Diğer Ürünler      + Enerji  
Mantar      (Aminler)      (Aminoasit ve üre)





## Amonifikasyon:



- Nitrifikasyon ( $NO_2^-$  ve  $NO_3^-$ )

- bitkiler tarafından alınabilir

- heterotrofik organizmalar kullanabilir

- kil mineralleri tarafından fikse edilebilir

-  $N_2$  olarak atmosfere salınabilir

Toprak OM'si ~ % 5 N içermektedir

Her yıl bu azotun % 1-4' ü mineralize olmaktadır.

- **N immobilizasyonu:**

İnorganik azotun ( $\text{NH}_4^+$  veya  $\text{NO}_3^-$ )  $\rightarrow$ organik azota dönüştürülmesidir

\*\*\*C/N oranı tayin eder

- C/N oranı  $\gg$  ise topraktaki mevcut  $\text{NH}_4^+$  ve  $\text{NO}_3^-$  tüketilir
- C/N oranı  $> 30/1 \Rightarrow$  immobilize olur
- C/N oranı = 20-30  $\Rightarrow$  immobilizasyon/mineralizasyon
- C/N oranı  $< 20 \Rightarrow$  mineralizasyon



## • **Nitrifikasyon:**

Amonyumun biyolojik oksidasyonla nitrata yükseltgenmesidir

İki aşamada gerçekleşir

- Birinci aşamada Nitrosomonas bakterileri vasıtasıyla  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  e,
- İkinci aşamada ise  $\text{NO}_2^-$  nitrobakterler vasıtasıyla  $\text{NO}_3^-$  a yükseltgenir.



Nitrosomonas



Nitrobakter



- Nitrifikasyon iyi havalandırılan topraklarda gerçekleşir
- Nitrat topraklarda çok hareketlidir ve kolay yıkanır
- Yıkanmayı önleyebilmek için nitrifikasyon engelleyici bileşikler kullanılır

- ◆ N-Serve ◆ Potasyum azid ◆ Terrazol ◆ Disiyandiamid  
vs..

Çizelge 12.3. N-Serve' in 150 ppm NH<sub>4</sub>-N' u uygulanmış bir toprakta zamana bağlı olarak nitrifikasyon oranına etkisi

Uygulamadan sonra geçen süre (gün)	Nitrifikasyon oranı (%)	
	- N-Serve	+ N-Serve
14	38.6	4.7
28	85.4	11.1
42	87.5	19.7

### Nitrifikasyonu etkileyen faktörler;

- Topraktaki NH<sub>4</sub> konsantrasyonu
- Topraktaki O<sub>2</sub> miktarı ve
- Nitrifikasyon bakterilerinin popülasyonu
- Toprak pH' sı
- Toprak sıcaklığı
- Toprak nemi

### Denitrifikasyon:



### Denitrifikasyonu etkileyen faktörler;

- Organik madde
- Toprak pH' sı
- Nem
- Toprağın NO<sub>3</sub> kapsamı
- Sıcaklık
- Havalanma

# Bitkide Azot

## Bitkilerde azot asimilasyonu

Bitkide % 2-4 oranında N bulunur

Bitkide N; aminoasitler, proteinler ve nükleik asitler şeklinde bulunur

$\text{NO}_3$  ve  $\text{NH}_4$  azotunun her ikisi de alınır ve metabolize edilir.

Bitkiler temelde nitrat azotu ile beslenirler

Kökler tarafından alınan  $\text{NH}_4$  köklerde organik bileşiklere dönüşür

$\text{NO}_3$  ise;

- köklerin vakuollerinde
- gövdede ve
- depo organlarında birikebilir

Vakuollerde akümüle olan  $\text{NO}_3$ ,

- bitkide katyon-anyon dengesi ve
- özellikle de sebzelerin kaliteleri yönünden büyük önem taşır
- organik strüktürlere dahil olabilme ve
- temel fonksiyonlarını yerine getirebilmek için  $\text{NH}_3$ ' a indirgenmek zorundadır
- asimilasyonu C asimilasyonuna benzer

# • Nitrat indirgenmesi ve asimilasyonu



- \*\*Nitrat redüktaz (NR) ve
- \*\*Nitrit redüktaz (NiR) enzimleri bu indirgenmeyi sağlar
- Nitrat redüktaz enzimi 3 prostetik gruptan oluşur;
  - Flavin Adenin Dinükleotid (FAD)
  - Sitokrom 557 (Cyt c) ve
  - Molibden kofaktör (MoCo) prostetik gruplarıdır.
- \*\*\*Nitrat redüktaz Sitoplazmada bulunur



- Nitrit redüktaz ise;
  - yaprakların kloroplastlarında
  - köklerin proplastidlerinde ve
  - diğer yeşil olmayan dokularda yer almaktadır
- Bitkide **nitrit akümüle olması** çok nadir görülür
- C3 ve C4 bitkileri arasında farklılıklar vardır
- NR' in yarı ömrü kısadır

## NR enzim aktivitesi;

- Ortamdaki  $\text{NO}_3$  konsantrasyonuna
- Bitkinin Mo beslenme durumuna
- Ortamdaki ağır metal (özellikle W) mevcudiyetine
- Çevresel faktörlere (özellikle ışıklandırma hem NR' yi hem NIR' i etkiler)
- Fitohormonlara (sitokinin  $\uparrow$  ABA  $\downarrow$ )
- $\text{NH}_2\text{-N}$  bulunup bulunmamasına
- Genetik özelliklere bağlıdır

**Çizelge 12.4.** Buğday yaprak segmentlerinde nitrat redüktaz aktivitesine molibdenin etkisi

Mo uygulaması ( $\mu\text{g bitki}^{-1}$ )	Yaprak segmentlerine ön Mo muamelesi ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )	Nitrat redüktaz aktivitesi ( $\mu\text{mol NO}_2^- \text{ g}^{-1}$ taze ağırlık)	
		24 saat sonra	70 saat sonra
0.005	0	0.2	0.3
0.005	100	2.8	4.2
5.0	0	-	8.0
5.0	100	-	8.2

**Çizelge 12.5.** Besin çözeltisindeki Mo ve W' in değişik kombinasyonlarında iki marul çeşidinin nitrat içeriğindeki değ

Uygulamalar ( $\mu\text{M}$ )		$\text{NO}_3$ ( $\text{mg kg}^{-1}$ taze ağırlık)	
		Çeşitler	
Mo	W	Berlo	Kirsten
0.2	0	2737	2519
0	20	3155	2731
0.2	20	3112	2513
0.6	0	2710	2652
0	60	4200	3447
0.6	60	4032	3270
1.8	0	3123	2649
0	180	6537	4543
1.8	180	4941	4214

- **Bitkide  $\text{NO}_3$**  ; ● köklerde ve ● gövdede (yeşil dokularda) indirgenir
- **Köklerde veya gövdede indirgenen nitratin oranı;**
  - bitkinin nitrat ile beslenme durumu ( $\downarrow$  ise köklerde)
  - bitki çeşidi
  - bitkinin yaşı
  - mineral beslenme durumu ve
  - bitkilerin karbon ekonomisi gibi faktörlere bağlıdır.



- Ayrıca köklerde nitratin indirgenme oranı şu faktörlere bağlıdır;
  - Bitki çeşidine
  - $\text{NO}_3$  ile alınan katyonlar ( $\text{K}^+\text{NO}_3$  gövdeye taşınır,  $\text{Ca}$  veya  $\text{Na}^+\text{NO}_3$  kökte ind.)
  - Sıcaklık
  - Bitkinin yaşı
- Nitratin indirgenmesi ve asimilasyonunda **enerji** gereksinilir
- İndirgenme köklerde ise enerji ihtiyacı artar



•Köklerde indirgenmede enerji **kök solunumundan** sağlanır

Burada çıkan enerjinin % **23'** ü tüketilir

Bunun % 5' i  $\text{NO}_3$  absorpsiyonu

% 15' i  $\text{NO}_3$  indirgenmesi

% 3' ü de asimilasyonda kullanılır

Yapraklarda indirgenmede enerji **fotosistem I** ve **fosforilasyon** yoluyla sağlanır

Burada çıkan enerjinin % **14'** ü tüketilir

Işık az olduğunda  $\text{NO}_3$  indirgenmesi ile  $\text{CO}_2$  asimilasyonunda **rekabet olur**

Yaprak yaşı NR' yi etkiler (**Yaşlı yapraklarda  $\text{NO}_3$  birikir**)



NO<sub>3</sub> uygulama zamanı bitkinin beslenmesini önemli derecede etkiler  
Yeşil yapraklarda ışık intensitesi ↑ NO<sub>3</sub> indirgenmesi ↑  
(Işıklanma etkisi)



**Çizelge 12.6.** Saat 9:00 dan 18:00 e kadar olan ışık periyodunda İspanak bitkisinin nitrat içeriğindeki değişimler

Zaman	Nitrat azotu içeriği (mg kg <sup>-1</sup> taze ağırlık)	
	Yaprak ayası	Yaprak sapı
8:30	228.2	830.2
Aydınlık 9:30	166.6	725.1
Aydınlık 13:30	100.8	546.0
Aydınlık 17:30	91.0	504.0
18:30	106.4	578.2

**Yaprak aksamaları (aya/sap) olarak NO<sub>3</sub> dağılımı farklılık gösterir**

**Çizelge 12.7.** Değişik düzeylerde kalsiyum amonyum nitrat (KAN) ve üre' nin İspanak bitkisinin yaprak ayası ve yaprak sapının nitrat azotu (NO<sub>3</sub>-N) içeriğine etkisi

Azot Düzeyleri (kg da <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg kg <sup>-1</sup> taze ağı.)			
	Yaprak ayası		Yaprak sapı	
	KAN	ÜRE	KAN	ÜRE
0	1114	1045	6265	6268
7.5	2935	2301	16817	15158
15	3765	3283	20605	18730
30	4119	3932	21802	20328
60	4891	3137	23188	19755

- Bitki bünyesinde biriken  $\text{NO}_3$  karbonhidratlar gibi **ozmotik regülasyonda** kullanılır
- Bitkiler yüksek miktarlarda  $\text{NO}_3$  biriktirebilir (**özellikle ışık az ise**)
- Bitkiler ozmotik regülasyon amacıyla  $\text{NO}_3$  gibi Cl' da biriktirirler (**N ekonomisi !!!**)
- İndirgenmiş N ( $\text{NH}_2\text{-N}$ ) benzer görevi yapar

**Çizelge 12.8.** Klor içeren ve içermeyen besin çözeltilerinde nitrat azotunun kısmen indirgenmiş azot bileşikleriyle yer değiştirilmesinin soğan bitkisinin  $\text{NO}_3\text{-N}$ , toplam-N ve  $\text{NO}_3\text{-N}$ ' un toplam-N içindeki oranına etkisi

Uygulamalar	$\text{NO}_3\text{-N}$ % kuru ağırlık		Toplam-N, %		$\text{NO}_3\text{-N}$ toplam-N' un %' si	
	-Cl	+Cl	-Cl	+Cl	-Cl	+Cl
Referans (%100 $\text{NO}_3$ )	2.29	1.39	6.20	5.66	36.7	24.5
(%80 $\text{NO}_3$ +%20 Karışık aminoasit)	1.60	1.19	7.21	8.00	22.3	14.8
(%80 $\text{NO}_3$ +%20 Üre)	2.20	1.66	7.58	7.51	29.0	22.1
(%80 $\text{NO}_3$ +%20 Glisin)	2.11	1.50	7.84	6.70	26.0	22.3

- **NO<sub>3</sub> asimilasyonunu gövdede gerçekleştiren bitkiler;**
  - ● sitoplazmada organik asit anyonları sentezleyip vakuollerde depolayarak
  - ● kation-anyon dengesini sağlar ve
  - ● hücre içi pH' yı dengede tutar



## Aşağıdaki mekanizmalarla fazla ozmotik moleküller uzaklaştırılabilir;

- Aşırı miktarlarda bulunan ozmotik moleküller **inaktif hale getirilir**. (Örn.  $\text{NO}_3$  indirgenmesine karşılık okzalik asit sentezlenir ve okzalik asit kalsiyum okzalat şeklinde çöker.
- İndirgenmiş azotlu bileşikler (aminoasitler, amidler) floemde mobil olan katyonlar (K, Mg gibi) ile beraber **büyümekte olan kısımlara gönderilir**.
- Organik asit anyonları (malat gibi) potasyum ile beraber köklere gönderilir ve dekarboksilasyondan sonra köklerden **anyon ( $\text{OH}^-$  veya  $\text{HCO}_3^-$  gibi) salgılaması gerçekleşir**.

## Amonyum asimilasyonu

- $\text{NO}_3^-$ ' ün tersine  **$\text{NH}_4^+$  ve  $\text{NH}_3$  toksiktir**
- $\text{NH}_3$  (suda çözünmüş)  $\rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$
- $\text{NH}_4^+$  ve  $\text{N}_2$  asimilasyonda temel aşama olan aminoasitlere ve amidlere dönüşümü ve
- Fazla  $\text{NH}_4^+$ ' un pH' sı düşük olan vakuollerde depolanması ile

**Toksiklik önlenir**

Aminoasitlere ve amidlere dönüşüm sırasında **köklerden H<sup>+</sup> salgılanır**

Gövdeden H<sup>+</sup> salgılanmadığından alınan NH<sub>4</sub> büyük oranda köklerde asimile edilerek ksilem aracılığıyla gövdeye taşınır

Çeltik vb bitkilerde NH<sub>4</sub> taşınarak gövdede asimile edilir

Köklerde NH<sub>4</sub> asimilasyonu için karbon ihtiyacı artar

**NH<sub>4</sub> ile beslenen bitkilerde C ihtiyacı >> NO<sub>3</sub> ile beslenen bitkiler**





**Çizelge 12.9.** Bazı bitki türlerinde depolanan ve uzun mesafe taşınımında önemli olan küçük molekül ağırlıklı organik azotlu bileşiklerin formları

<b>Bileşik</b>	<b>Bitki türü</b>
Glutamin, asparagin	<i>Graminea</i>
Glutamin	<i>Ranunculaceae</i>
Asparagin	<i>Fagaceae</i>
Arginin, glutamin	<i>Rosaceae</i>
Prolin, alantoin	<i>Papilionaceae</i>
Betain	<i>Chenopodiaceae</i>

- $\text{NH}_4$  asimilasyonunu (kök, nodül, yaprak) katalizleyen enzimler **glutamin sentetaz** ve **glutamat sentaz**dır
- Bu enzimler;  
köklerde, kloroplastlarda ve  $\text{N}_2$  fikse eden mikroorganizmalarda bulunur
- **glutamat sentaz (GOGAT)** ve **glutamat dehidrogenaz** da  $\text{NH}_4$  asimilasyonunu katalizler



# Aminoasit ve protein biyosentezi

- Glutamat ve glutamin **temel aminoasitler**dir
- Bitkilerde 200' den fazla aminoasit bulunur, % 20' si protein sentezine katılır
- Aminoasitlerin amino grubunun diğer karbon iskeletlerine taşınımı (**transaminasyon reaksiyonu**) **amino transferazlar** aracılığıyla katalizlenir. Bu enzimlere **transaminazlar** da denilir.



## Aminoasitlerdeki yapı farklılığı;

\*Fotosentez

\*Glikolizis

\*Trikarbon asit döngülerinden kaynaklanır



Protein biyosentezinde aminoasitler peptid bağlarıyla ( $R_1\text{-CO-NH}_2\text{-R}_2$ ) aşağıda gösterildiği şekilde bağlanırlar.



- Polipeptid olan proteinler 100' den fazla aminoasitten meydana gelirler
- Proteinlerdeki aminoasitlerin sıralanışı genetik bilgiler tarafından belirlenir
- Proteinlerin oluşmasında aminoasitler çift sıra şeklinde sıralanırlar



- Protein biyosentezini bitkinin mineral beslenme durumu etkiler

- Ribozomların protein biyosentezini iki değerlikli katyonlar (özellikle  $Mg^{+2}$ ) etkiler
- Mg ATP tarafından aminoasitlerin aktivasyonunda da gereklidir
- K' a peptid zincirlerinin uzamasında ihtiyaç duyulur
- Zn RNA polimerazın metal komponentidir
- Fe ise ribozomların bütünlüğü için gereklidir.



- Bitkiler diğer canlilar gibi organik azot (üre gibi) **salgılayamaz**
- Bitkiler yüksek miktarlarda **NO<sub>3</sub> biriktirirler**
- Ancak organik bağlı azotu tekrar nitrata **oksitleyemezler**
- Proteinler **remobilize olarak bitkide taşınabilirler** (Amino asit ve amid halinde)



- Amin ve poliaminlerin biyosentezi aminoasitlerin dekarboksilasyonu ile gerekleŒir
- Aminler biyomembranların lipid fonksiyonlarının komponentleridir
- Poliaminler sekonder mesaj taŒıyıcılar ve membranların koruyucularıdır
- Poliaminler polivalent katyonlar olup iki veya daha fazla amino grubu içerirler
- Poliaminlerin sentezlenmesini arginin aminoasidi sağlar
- **Önemli Poliaminler;** Putresin kadaverin, spermidin ve spermin dir
- AŒırı  $\text{NH}_4$  ve az K ile beslenen bitkilerin meristematik dokularında poliaminler fazla bulunur





## Poliaminler;

- hücre bölünmesi
- embriyogenesis
- yaşlanmayı geciktirme (asit proteinazı inhibe ederek)
- çiçeklenme
- etilen biyosentezinde
- membran stabilitesinde **önemli fonksiyona sahiptir**

## Küçük molekül ağırlıklı organik azotlu bileşikler

(Poliaminler, betain, glisin betain, sistein, amino asitler) **bitkilerin tuz, ağır metal, kuraklık, sıcaklık vb çevresel stres koşullarına adaptasyonunda oldukça önemlidir**

Protein özelliğinde olmayan aminoasitler

- **Kleyt ajanı** ve Fitosiderofor olarak **mikroelement alımına katkıda bulunur**



**Çizelge 12.10.** Bazı baklagil ve tahıl bitkilerinin protein içerikleri ve aminoasit bileşimleri

Bitki	Protein %	Amino-asit bileşimi (Toplam proteinin %' si)								
		Lisin	Methionin	Threonin	Triptofan	İsoleusin	Leusin	Tirösin	Fenilalain	Valin
Soya	40.5	6.9	1.5	4.3	1.5	5.9	8.4	3.5	5.4	5.7
Bezelye	23.8	7.3	1.2	3.9	1.1	5.6	8.3	4.0	5.0	5.6
Fasulye	21.4	7.4	1.0	4.3	0.9	5.7	8.6	3.9	5.5	6.1
Yulaf	14.2	3.7	1.5	3.3	1.3	5.2	7.5	3.7	5.3	6.0
Arpa	12.8	3.4	1.4	3.4	1.3	4.3	6.9	3.6	5.2	5.0
Buğday	12.3	3.1	1.5	2.9	1.2	4.3	6.7	3.7	4.9	4.6
Çavdar	12.1	4.1	1.6	3.7	1.1	4.3	6.7	3.2	4.7	5.2
Sorgum	11.0	2.7	1.7	3.6	1.1	5.4	16.1	2.8	5.0	5.7
Mısır	10.0	2.9	1.9	4.0	0.6	4.6	13.0	6.1	4.5	5.1
Çeltik	7.5	4.0	1.8	3.9	1.1	4.7	8.6	4.6	5.0	7.0

## NH<sub>4</sub> : NO<sub>3</sub> beslenmesi

- Bitkiler temelde NH<sub>4</sub> ve NO<sub>3</sub>' ile beslenirler
- Fazla miktarda alındığı için **iyonik denge** yi etkiler
- Bitkiler **katyon ve anyonları eşit miktarda almazlar**
- İyonların aktif yolla alınmaları ve metabolize edilmeleri bitkide **karboksilatların** (organik anyon) **miktarını artırır**

Çizelge 12.11. Bitkilerde karboksilat miktarlarını etkileyen prosesler

Proses	Karboksilat (K-A)
1. Na+K+Ca+Mg alımı < NO <sub>3</sub> +Cl+SO <sub>4</sub> +H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ise	<b>Azalı</b>
2. Na+K+Ca+Mg alımı > NO <sub>3</sub> +Cl+SO <sub>4</sub> +H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ise	Artar
3. Nitrat indirgenmesi	Artar
4. Sülfat indirgenmesi	Artar
5. Amonyum' un organik azota asimilasyonu	<b>Azalı</b>

İyon alımı sırasında bitkilerde elektronötralite;

- ortamdan H<sup>+</sup>, OH<sup>-</sup> veya HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> alınarak veya ortama verilerek korunmaktadır

## Bitkilerin iyon alımları kök bölgesi (rizosfer) pH' sını etkiler

- $\text{NO}_3$  alınıyorsa kök bölgesi (rizosfer) pH' sı  $\uparrow$
- $\text{NH}_4$  alınıyorsa kök bölgesi (rizosfer) pH' sı  $\downarrow$

Burada; indirgenen  $\text{NO}_3$  miktarı = Karboksilat (malat) miktarı olduğundan

- $\Sigma A = \Sigma K \Rightarrow$
- absorbe edilen ve asimile edilen anyon kadar karboksilat oluştuğu için
- pratikte rizosfer pH' sının, **nötral olması gerekir**
  
- Ben Zioni ve Lips modeli aşağıdaki şekilde modifiye edilmiştir
- Burada ise  $\Sigma A = \Sigma K \Rightarrow$  (genellikle çiftçenekli bitkiler)
- $\text{NO}_3$  ile alınan Na, K, Ca ve Mg iyonları, malat, sitrat, okzalat ve pektatlar şeklinde akümüle olur
- $\text{NH}_4$  alımı rizosfer pH' sını  $\downarrow$  Karboksilat miktarını etkilemez
  
- (Katyon alımı)-(H<sup>+</sup> salgılanması) = (Anyon alımı)
- ( $\text{NH}_4$ +K+Na+Ca+Mg alımı)+ (H<sup>+</sup> salgılanması) = ( $\text{NO}_3$ +Cl+ $\text{SO}_4$ + $\text{H}_2\text{PO}_4$  alımı)



**Çizelge 12.12.** Azot formlarının Ak hardal bitkisinin katyon ve anyon dengesine etkisi

Azot Formu	Katyonlar (meq 100 g <sup>-1</sup> , kuru ağırlık)					Anyonlar (meq 100 g <sup>-1</sup> , kuru ağırlık)					
	Ca	Mg	K	Na	Top.	NO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Org. Asitler	Top.
NO <sub>3</sub>	107	28	81	5	221	1	26	25	25	162	239
NH <sub>4</sub>	72	22	40	7	141	1	25	25	31	54	136

NH<sub>4</sub> veya NO<sub>3</sub>' ün hangisinin daha uygun olduğu;

- **bitki çeşidi**

- kalsifüj bitkiler (asit koşullara adapte olmuş bitkiler) ve
- redoks potansiyeli düşük topraklarda yetişen bitkiler (çeltik gibi)  
NH<sub>4</sub> tercih ederler
- kalsikol bitkiler (yüksek pH' lı topraklarda yetişen bitkiler) NO<sub>3</sub> tercih ederler

**Bu iki azot formunun (NO<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub>) kombinasyonu ile daha iyi ürün alınır (NO<sub>3</sub> ve NH<sub>4</sub>) toplam anyon ve katyonların % 80' ini oluşturur**

## NO<sub>3</sub> ve NH<sub>4</sub>

- katyon ve anyonların alımları
- hücre pH' sı ve
- rizosfer pH' sı üzerine **önemli ve zıt etkilere sahiptir**

## NH<sub>4</sub> beslenmesinde;

- Bitkilerde poliaminlerin miktarı artar
- O<sub>2</sub> ve C gereksinimi artar
- Köklerde şeker miktarı ve kök gelişmesi azalır (Özellikle K noksan ise)
  - yüksek ürün için toprak sıcaklığı
  - köklerde yeterli karbonhidrat
  - yüksek ışık intensitesine gereksinim vardır
- Düşük ve yüksek pH' lar kritiktir

Çizelge 12.13. Besin çözeltisinin pH' sı ve azot kaynağının hıyar bitkisinde asimilasyon ve transpirasyon oranına etkisi

pH	Azot kaynağı (mM)			Asimilasyon oranı (mg CO <sub>2</sub> dm <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	Transpirasyon oranı (g H <sub>2</sub> O dm <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )
	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	NH <sub>3</sub>		
6.50	3	0	0	6.15	2.00
7.75	3	0	0	6.55	2.18
6.50	3	5	0.01	6.60	1.80
7.75	3	5	0.01	4.48	1.39

## NO<sub>3</sub> beslenmesinde;

- NO<sub>3</sub> köklerde asimile edilmek zorunluluğunda değildir
- rizosfer pH' sını ↑ (mikroelement yarayırlılığını **azaltır**)
- Yüksek pH' larda toksisitesi görülmez
- NO<sub>3</sub> ile beslenen bitkilerin C ihtiyaçları azdır
- Az ışıktta yeterli gelişme olur

Çizelge 12.14. Soya bitkisinin amonyum ve nitrat formunda azot ile beslenmesinin rizosfer ve rizosfer dışı toprak pH' sına etkisi

Gübresiz ve bitkisiz toprakta pH	Rizosfer pH' sı		Rizosfer dışı pH	
	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>
5.2	4.71	6.60	4.98	5.43
6.3	5.60	7.05	5.90	7.00
6.7	6.25	7.19	6.64	7.01
7.8	7.20	7.40	7.80	7.80

## Amonyumun asidik özelliği bitkilerin mikroelement beslenmesini artırır

Çizelge 12.15. Amonyum ve nitrat beslenmesi sonucu mısır bitkisinin aktif ve toplam demir içerikleri

Demir uygulaması	N-Serve Uygulaması	Aktif demir (mg kg <sup>-1</sup> , taze bitki)		Toplam demir (mg kg <sup>-1</sup> , kuru madde)	
		NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>
-	-	4.40	6.33	54.33	56.00
-	+	4.47	7.27	60.00	86.00
+	-	5.80	7.33	67.33	89.00
+	+	5.67	7.40	65.00	94.67

## $\text{NO}_3:\text{NH}_4$ avantajı;

- Dış konsantrasyonlarına bağlıdır
- Düşük konsantrasyonlarda gelişmede büyük farklılıklar yaratmaz

## Tarla koşullarında;

$\text{NH}_4$ ' u toprakta stabil kılmak için **nitrifikasyon inhibitörleri** kullanılabilir  
Böylece bitkilerin **her iki azot formundan da yararlanması** sağlanabilir

## Üre;

kökler veya vejetatif aksam tarafından alınabilir  
Üreaz aktivitesi ile hidrolize olur



# Bitki Gelişimi ve Bitkinin Bileşimine Azotun Etkisi

- N miktarı arttıkça gövde/kök oranı artar

\*böylece bitkilerin topraktaki su ve besin maddelerinden yararlanma oranı etkilenir



\* yaprak morfolojisi

\* yatmaya direnç

\*bitki kalitesi

\*fotosentez etkilenir

Çizelge 12.16. Artan düzeylerde uygulanan azotun ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) çeltik bitkisinin yapraklarına etkisi

N düzeyleri ( $\text{mg l}^{-1}$ )	Yaprak ayası			
	Uzunluk (cm)	Genişlik (cm)	Alan( $\text{cm}^2$ )	Kalınlık ( $\text{mg cm}^{-2}$ )
5	49.0	0.89	30.6	4.9
20	56.1	1.13	47.8	4.1
200	60.3	1.25	56.1	3.8

Çizelge 12.17. Uygulanan azot düzeyi ve CCC ile büyüme engellemesinin kışlık buğdayda yatma ve tane verimi üzerine karşılıklı etkisi

N düzeyleri ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Yatma derecesi (1: yatma yok; 9: tamamen yatma)		Tane verimi ( $\text{t ha}^{-1}$ )	
	-CCC	+CCC	-CCC	+CCC
0	2.4	1.0	3.97	4.18
80	4.8	1.2	4.71	5.13
120	5.8	1.8	4.67	5.13
160	6.3	1.7	4.80	5.31

-N bitkide kök-gövde ve gövde-kök arasında devamlı bir döngü halindedir



\*Yapraklar yaşlandıkça N' lu bileşikler tohum ve meyveye taşınır

-Bu oran buğday bitkisinde yaklaşık % 85' i düzeyinde gerçekleşir

-Çok yıllık bitkilerde ise tohum ve meyvenin ihtiyaı karşılandıktan sonra geri kalan azot daha sonraki gelişme döneminde kullanılmak üzere floem aracılığıyla depo organlarına gönderilmektedir.



# Azot Noksanlığı

-büyüme oranı düşer

-yapraklar küçülür ve yaşlı yapraklar zamanından önce sararıp dökülür

-kök/gövde oranı genelde büyür

-kloroplastlar bozular ve az sayıda oluşur (**KLOROZ** oluşur)

-kloroz öncelikle yaşlı yapraklarda ortaya çıkar

noksanlık gübreleme ile giderilebilir uygulama miktarı için **ANALİZ** şart



# Azot Fazlalığı

- vejetatif gelişmeyi ve tahıllarda kardeşlenmeyi **artırır**
- CHO ile N bileşikler arasındaki denge **bozulur**
- yatmaya sebep olarak başaklanma ve hasat işlemlerini **olumsuz etkiler**
- hastalık ve zararlılara direnç **azalır**
- soğuk-dona hassasiyet **artar**
- kaliteyi **olumsuz etkiler**

**Çizelge 12.18.** Azot uygulamasına bağlı olarak şekerpancarının verimi, şeker kapsamı, amino-N kapsamı ve şeker veriminde oluşan değişimler

N uygulaması (mg kg <sup>-1</sup> )	Verim (kg da <sup>-1</sup> )	Şeker kapsamı (%)	Amino-N kapsamı (meq 100 g <sup>-1</sup> )	Aritılabilir şeker (%)	Şeker verimi (kg da <sup>-1</sup> )
0	3648	18.90	1.45	17.08	622
5	3992	19.21	1.43	17.47	699
20	4337	19.47	1.54	17.68	770
50	5102	19.38	1.62	17.64	903
100	5472	19.24	2.02	17.39	954
200	6378	18.25	3.62	15.75	1005
500	6314	16.48	5.97	13.27	836

**Çizelge 12.19.** Değişik bitkilerin nitrat içerikleri

<b>Bitki Çeşidi</b>	<b>Nitrat Kapsamı (mg kg<sup>-1</sup>, kuru ağı.)</b>
Domates	20-100
Hıyar	20-300
Fasulye	80-222
Üzüm	3-62
Patates	10-150
Havuç	30-800
Turp	261-300
Lahana	250-2300
Marul	382-3520
Ispanak	349-3890