

ZTO 235 BİTKİ FİZYOLOJİSİ

Doç. Dr. Özge ŞAHİN

**Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki
Besleme Bölümü**

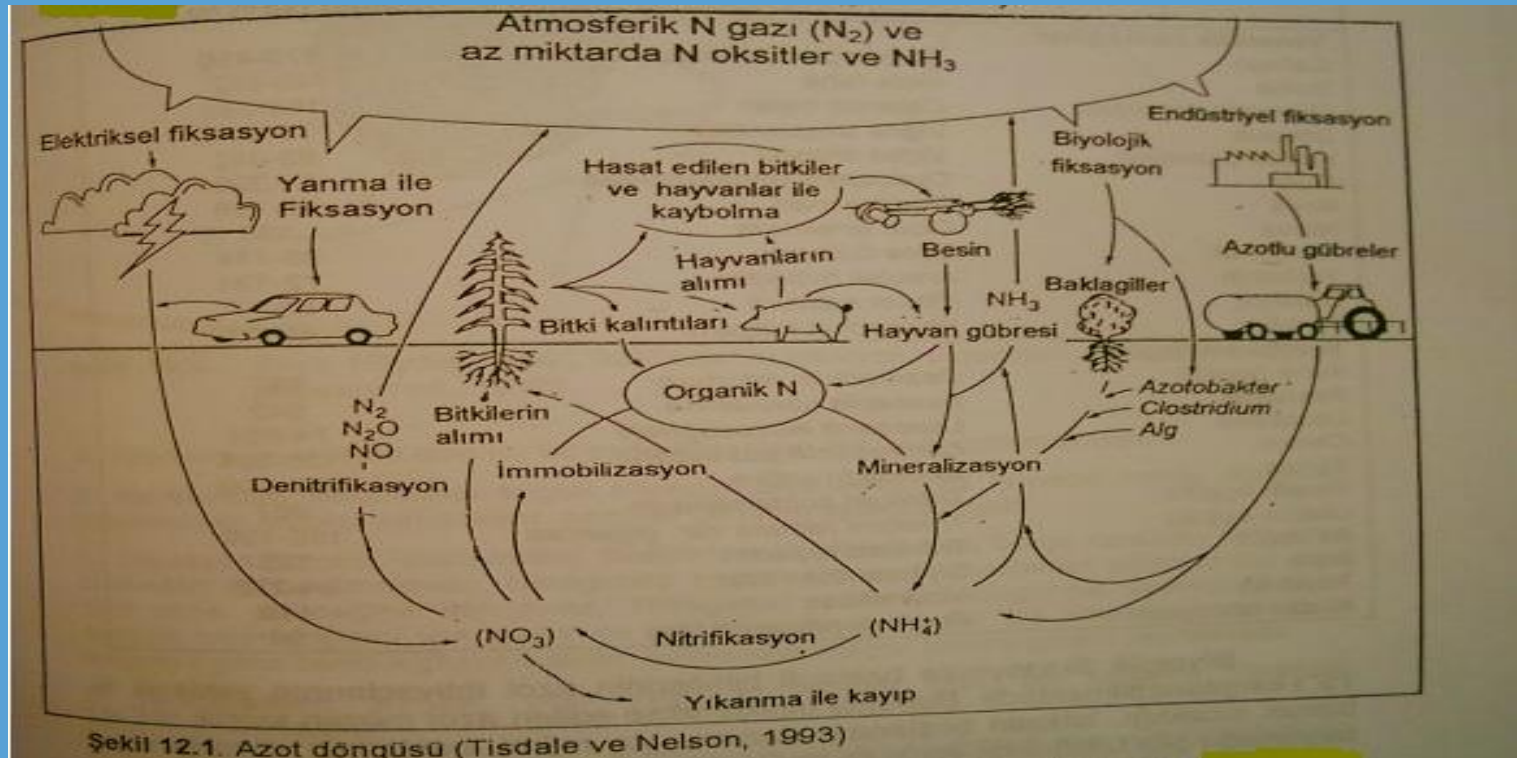
06110 Ankara

osahin@ankara.edu.tr

AZOT

Toprakta Azot

- Doğada oldukça hareketlidir
- Noksanlığı yaygındır.
- Baklagiller kendi N ihtiyaçlarını karşılayabilirler (% 75 oranında)
- Atmosferde N_2 formunda fazlaca bulunur
- Topraklarda çok az bulunur ($< \% 0.1$)



- **Azot fiksasyonu**

1) Abiyolojik

2) Biyolojik (a- Simbiyotik b- Asimbiyotik)

- Dünyada toplam N' lu gübre tüketimi 80×10^6 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 ⁻¹ yıl ⁻¹)
Yemeklik baklagiller		
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
Yemlik baklagiller		
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</i> var. <i>gigantea</i>	165-189
Ak üçgül	<i>Trifolium repens</i>	128
Stylo	<i>Stylosanthes</i> spp.	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

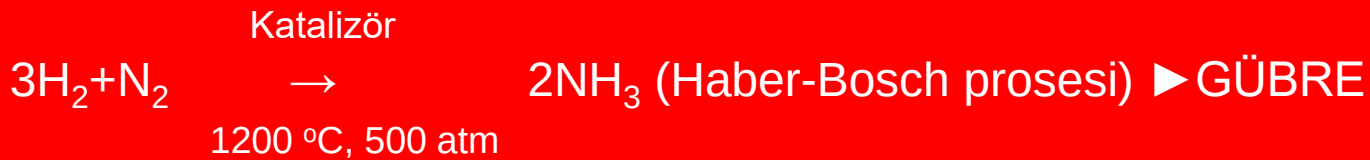


Asimbiyotik azot fiksasyonu;

- 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 (NH_3 , NO_3^- , NO_2^- , N_2O ve organik azot formunda) yer yüzüne inmektedir.
- Azotlu gübre üretiminde hammadde atmosferdeki azottur.



Toprakta azot formları

- Çoğu mineral toprakların toplam **N içerikleri %0.02 ile %0.5** arasındadır. Toprakta bulunan azotun büyük bir bölümü organik şekildedir.
- {önemli inorganik azot formları $\rightarrow$ NH_4^+ , NO_3^- ve NO_2^- (toplam N' un % 2-5 i) }
- Toprakta bitkiler tarafından kolay alınabilir şekilde bulunan NO_3 ve NH_4 miktarı toplam azotun %1-2 kadardır. Ancak fazla miktarda kimyasal gübrelerin kullanıldığı topraklarda bu oran artar.

Topraktaki azot formları **Gübre** ve **OM** kaynaklıdır

Elementel Azot :Elementel azot (N_2) toprak havasında gaz ve toprak suyunda çözünmüş şekilde bulunur.Nitratin denitrifikasyonu sonucunda nitroz oksit (N_2O) ve dinitrojen (N_2) gazları oluşur.Toprak havasında bulunan azot bağımsız yaşayan birtakım mikroorganizmalar tarafından kullanılır.

İnorganik Azot Bileşikleri: Toprakta bulunan inorganik azot bileşikleri nitroz oksit (N_2O), nitrik oksit (NO), azot dioksit (NO_2), amonyak (NH_3), amonyum (NH_4), nitrit (NO_2) ve nitrat (NO_3) ten oluşur. Buların ilk dört tanesi gaz şeklinde, diğer azot bileşikleri ise toprak çözeltisinde iyonik formda bulunur.

Toprakta bulunan toplam azotun yaklaşık olarak % 2'sini değiştirebilir ve suda çözünmüş

amonyum ile nitrit ve nitrat oluşturmaktadır. Bitkiler ise azot gereksinimlerinin çok büyük bir bölümünü belirtilen azot bileşiklerinden sağlamaktadır.

Organik Azot Bileşikleri: topraklarda organik azot, amino asitler yada proteinler, bağımsız amino asitler, amino şekerler ve diğer organik N içeren bileşikler şeklinde bulunur. Mikrobiyal parçalanma sonucu organik azot bileşikleri inorganik azot bileşiklerine yada elementel azota dönüşür. Bitkiler tarafından absorbe edilebilen küçük moleküllü organik azot bileşikleri içerisinde kimi amino asitler ile amino şekerleri yer almaktadır. Ancak organik azotlu bileşiklerin azot açısından bitkilere yararlılığı bu bitkilerin mineralizasyonu ve mineralizasyon koşulları ile ilgilidir.

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**
- NH_4^+ ve NO_3^-
- Bitkide NO_3^- miktarı $> > \text{NH}_4^+$ miktarı
- Bitkilerin azot formu tercihleri;
 - bitki çeşidi
 - yaşı ve
 - bazı çevre faktörlerine bağlıdır
- $\gg$ Her iki azot formunu kullanan bitkiler; tahıllar, mısır, şeker pancarı ve çeltik
- $\gg$ NO_3^- tercih eden bitkiler domates, patates gibi sebzeler ve tütün
- **Azot formları değişik oranlarda alınırsa daha iyi sonuçlar verir**

Nitrat (NO_3^-) alımı;

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

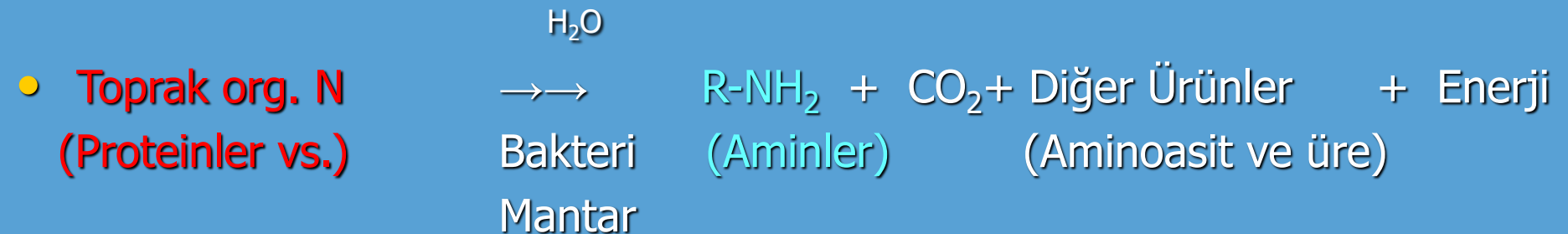
Amonyum (NH_4^+) alımı;

- Yüksek pH' da iyidir
- Organik anyon miktarı ile
- Ca, Mg ve K' un absorpsiyonu **AZALIR**ken
- H_2PO_4 , SO_4 ve Cl absorpsiyonu **ARTAR**

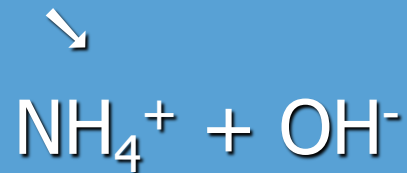
- NH_4^+ asimilasyonunda gereksinilen enerji $<$ NO_3^- asimilasyonunda gereksinilen

- **Toprakta azotun değişimi**
- Bitkilere yararlı NH_4^+ ve NO_3^- miktarı;
 - uygulanan azotlu gübre miktarı ve
 - organik toprak azotunun mineralizasyon derecesine bağlıdır
- Mineralizasyon için;
 - toprak sıcaklığı
 - nem ve
 - oksijene uygun olmalıdır

– **Aminizasyon:**



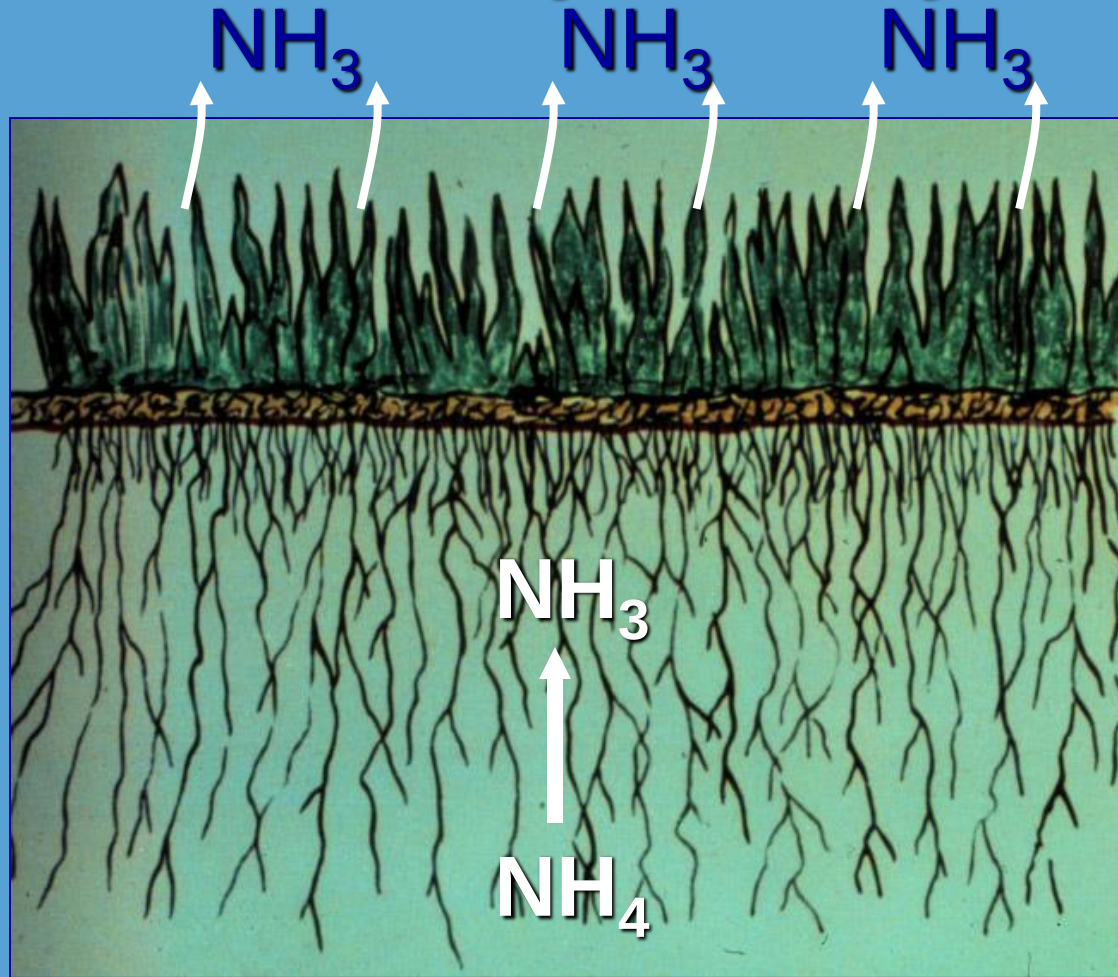
- **Amonifikasyon:**



- Nitrifikasyon (NO₂⁻ ve NO₃⁻)
- bitkiler tarafından alınabilir
- heterotrofik organizmalar kullanabilir
- kil mineralleri tarafından fikse edilebilir
- N₂ olarak atmosfere salınabilir

- Açığa çıkan ve amino asitler başka bir grup heterotrofik mikroorganizmalar tarafından ileri düzeyde parçalanır. Bu parçalanma sonucunda amonyak şekline azot açığa çıkar ki buna **amonifikasyon** denir. Bağımsız şekle geçen amonyak su ile birleşir ve NH₄ iyonu oluşur.

Amonyak kaybı



- **Nitrifikasyon:**

Amonyumun biyolojik oksidasyonla nitrata yükseltgenmesidir

İki aşamada gerçekleşir

- Birinci aşamada Nitrosomonas bakterileri vasıtasıyla NH_4^+ , NO_2^- e,
- İkinci aşamada ise NO_2^- nitrobakterler vasıtasıyla NO_3^- a yükseltgenir.



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

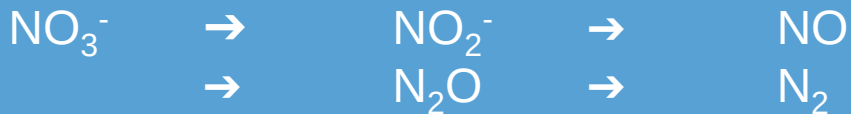
- ◆ N-Serve ◆ Potasyum azid ◆ Terrazol ◆ Disiyandiamid vs..

Nitrifikasyonu etkileyen faktörler;

- Topraktaki NH_4 konsantrasyonu: Nitrifikasyon NH_4 'ün NO_3 'e yükseltgenmesi şeklinde tanımlandığına göre oluşan nitrat miktarı ortamda bulunan amonyum miktarı ile yakından ilgilidir.
- Toprak pH' sı: Optimum pH nötr civarındadır.
- Topraktaki O_2 miktarı: Topraktaki oksijen miktarının artışına paralel olarak nitrat oluşum düzeyi de artar.
- Toprak sıcaklığı: Toprak sıcaklığı nitrifikasyon bakterilerinin etkinliği üzerine olağanüstü önemli etkiye sahiptir. Genel olarak bakteriler 1-40 °C arasında etkinlik gösterirler. Optimum sıcaklık 30-35 °C arasındadır.
- Nitrifikasyon bakterilerinin popülasyonu
- Toprak nemi

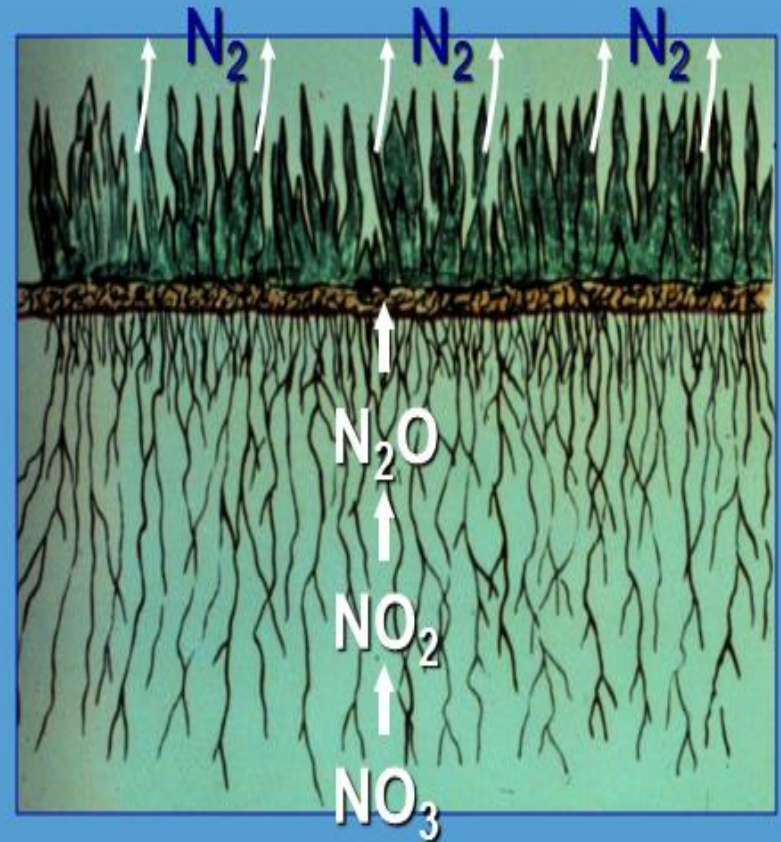
Denitrifikasyon

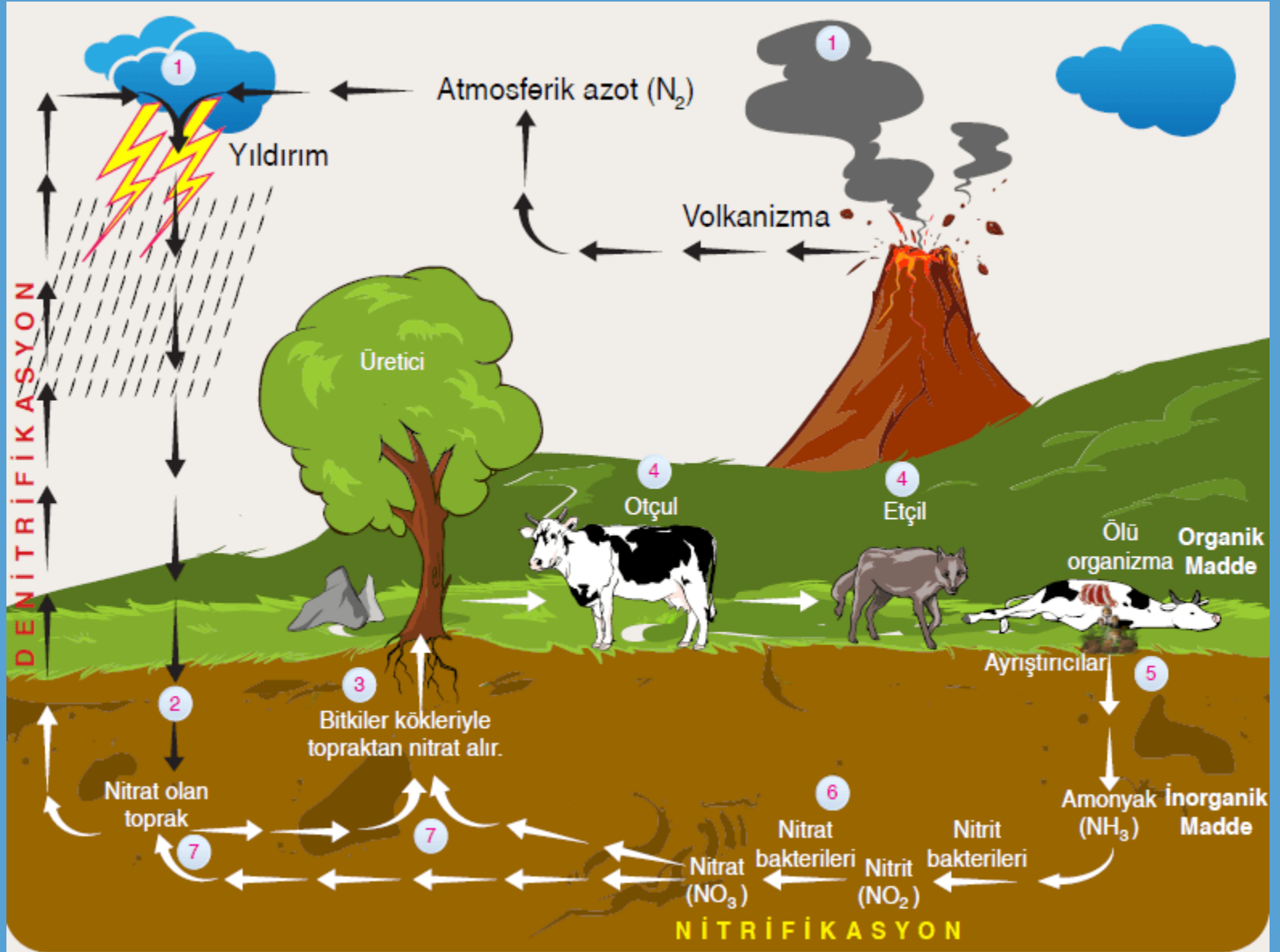
Denitrifikasyon:



Denitrifikasyonu etkileyen faktörler;

- Organik madde
- Toprağın NO_3 kapsamı
- Toprak pH' s
- Sıcaklık
- Nem
- Havalanma





Bitkide Azot

Bitkilerde azot asimilasyonu

Bitkide **% 2-4** oranında N bulunur

Bitkide N; aminoasitler, proteinler ve nükleik asitler şeklinde bulunur

NO_3 ve NH_4 azotunun her ikisi de alınır ve metabolize edilir.

Bitkiler temelde nitrat azotu ile beslenirler

Kökler tarafından alınan NH_4 köklerde organik bileşiklere dönüşür

NO_3 ise;

● köklerin vakuollerinde ● gövdede ve ● depo organlarında birikebilir

Vakuollerde akümüle olan 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 NH_3 ' a indirgenmek zorundadır
- asimilasyonu C asimilasyonuna benzer

Amonyum asimilasyonu

- NO_3^- ün tersine **NH_4^+ ve NH_3 toksiktir**
- NH_3 (suda çözünmüş) $\rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$
- NH_4^+ ve N_2 asimilasyonda temel aşama olan aminoasitlere ve amidlere dönüşümü ve
- Fazla NH_4^+ un pH' sı düşük olan vakuollerde depolanması ile

Toksiklik önlenir

NH_4 : NO_3 beslenmesi

- Bitkiler temelde NH_4 ve NO_3 ' ile beslenirler
- Fazla miktarda alındığı için **iyonik denge** yi etkiler
- Bitkiler **katyon ve anyonları eşit miktarda almazlar**

İyon alımı sırasında bitkilerde elektronötralite;

- ortamdan H^+ , OH^- veya HCO_3^- **alınarak** veya ortama **verilerek korunmaktadır**

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

- NO_3 alınıyorsa kök bölgesi (rizosfer) pH' sı 
- NH_4 alınıyorsa kök bölgesi (rizosfer) pH' sı 

NH_4 veya NO_3 ' ün hangisinin daha uygun olduğu;

- **bitki çeşidi**

- kalsifüj bitkiler (asit koşullara adapte olmuş bitkiler) ve
- redoks potansiyeli düşük topraklarda yetişen bitkiler (çeltik gibi)
 NH_4 tercih ederler
- kalsikol bitkiler (yüksek pH' lı topraklarda yetişen bitkiler) NO_3 tercih ederler

Bu iki azot formunun (NO_3/NH_4) kombinasyonu ile daha iyi ürün alınır

(NO_3 ve NH_4) toplam anyon ve katyonların % 80' ini oluşturur

NO_3 ve NH_4

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

NH₄ beslenmesinde;

- Bitkilerde poliaminlerin (organik bileşik) miktarı artar
- O₂ 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' ısı ve azot kaynağının hıyar bitkisinde asimilasyon ve transpirasyon oranına etkisi

pH	Azot kaynağı (mM)			Asimilasyon oranı (mg CO ₂ dm ⁻² h ⁻¹)	Transpirasyon oranı (g H ₂ O dm ⁻² h ⁻¹)
	NO ₃ ⁻ N	NH ₄ -N	NH ₃		
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

NO₃ beslenmesinde;

- NO₃ köklerde asimile edilmek zorunluluğunda değildir
- rizosfer pH' sını $\uparrow$ (mikroelement yararlanılabilirliğini **azaltır**)
- Yüksek pH' larda toksisitesi görülmez
- NO₃ ile beslenen bitkilerin C ihtiyaçları azdır
- Az ışıktaki yeterli gelişme olur

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

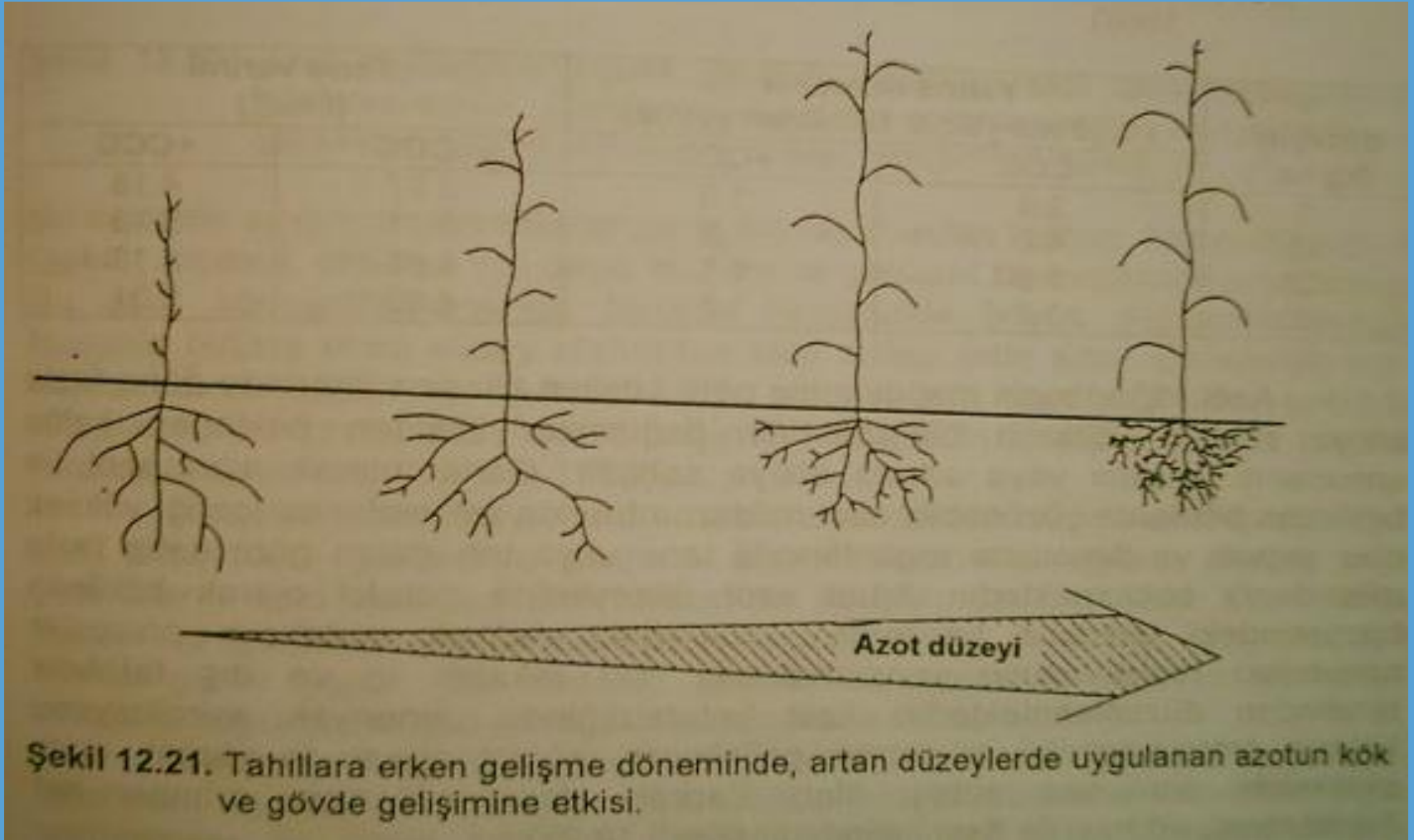
Gübresiz ve bitkisiz toprakta pH	Rizosfer pH' sı		Rizosfer dışı pH	
	NH ₄	NO ₃	NH ₄	NO ₃
5.2	4.71	6.60	4.98	5.43
6.3	5.60	7.05	5.90	7.00
6.7	6.25	7.19	6.64	7.01
7.8	7.20	7.40	7.80	7.80

Amonyumun asidik özelliği bitkilerin mikroelement beslenmesini artırır

Bitki Gelişimi ve Bitkinin Bileşimine Azotun Etkisi

- N miktarı arttıkça gövde/kök oranı artar

böylece bitkilerin topraktaki su ve besin maddelerinden yararlanma oranı etkilenir



- **Azotun Bitkilerde Yatma Üzerine Etkisi** Ortamda gereksinim duyulan miktarın üzerinde azotun bulunması bitkilerin yatmasına yol açar. Bu durum azotun, sap, dal, yaprak gibi vejetatif oranlarının fazlaca gelişmesi ile yakından ilgilidir. Yatma özellikle tahıl bitkilerinde önemli bir sorundur.
- **Azotun Hasat Zamanı Üzerine Etkisi** Ortamda gereğinden fazla bulunan azot hasat zamanının gecikmesine neden olmaktadır. Orta Anadolu yöresinde azotlu gübre uygulanan parsellerde buğday hasadının 8-10 gün daha geciktiği gözlenmiştir. Hasat zamanının gecikmesi özellikle yağışların erken başladığı ve ilk donun erken görüldüğü yörelerde önemlidir. Tarla bitkilerinde hasat zamanı ile meyvelerin olgunluğa erişme zamanı üzerine azotun etkisi değerlendirilirken: 1- toprağın azot durumu, 2- Toprağa uygulanacak azot miktarı, 3- Azotun toprağa uygulanma zamanı ve 4- Bitkinin özelliği dikkate alınmalıdır.
- **Azotun Bitkilerin Hastalıklara Karşı Dayanıklılığı Üzerine Etkisi** Bitki ve çevre koşullarına bağlı olarak azot bitkilerin hastalıklara karşı dayanıklılığı üzerine etki yapmaktadır. Ortamda gereğinden fazla bulunan azotun bitkilerde mantari hastalıklara neden olduğu saptanmıştır.
- ✓ Örneğin arpa bitkisinde kahverengi pas, çeltik bitkisinde kahverengi yaprak lekesi, ve buğday bitkisinde kök boğazı ve başak çürüklüğü hastalıklarının azot fazlalılığına bağlı olarak ortaya çıktığı belirlenmiştir.

Azot Noksanlığı

- büyüme oranı düşer
- yapraklar küçülür ve yaşlı yapraklar zamanından önce sararıp dökülür
- kök/gövde oranı genelde büyür
- kloroplastlar bozulur ve az sayıda oluşur (**KLOROZ** oluşur)
- kloroz öncelikle yaşlı yapraklarda ortaya çıkar

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



Fotoğraflar Prof. Dr. Mehmet Aktaş





ŞEFTALİDE AZOT NOKSANLIĞI



NARENCİYEDE AZOT NOKSANLIĞI

ÇİLEKTE AZOT NOKSANLIĞI



MISIRDA AZOT NOKSANLIĞI



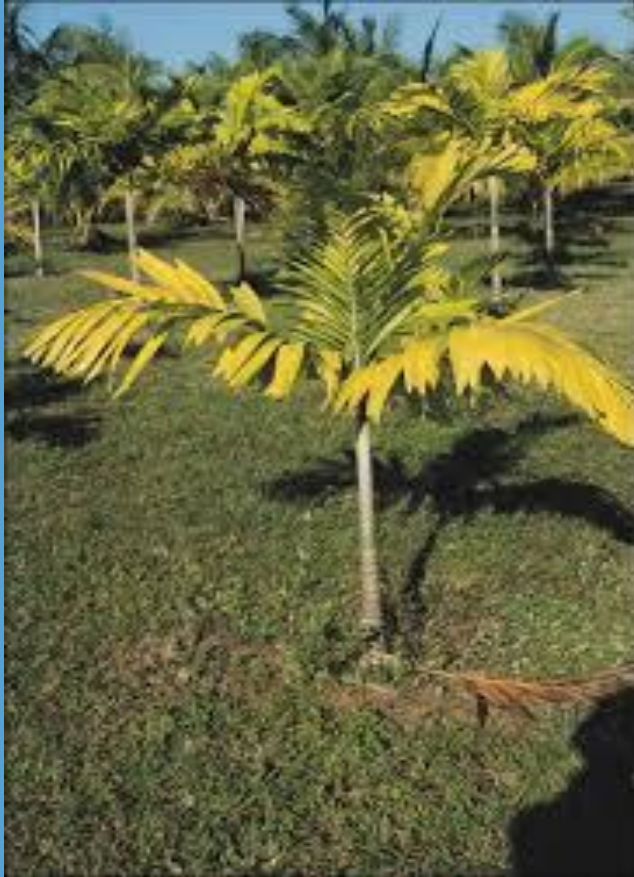
BUĞDAYDA AZOT NOKSANLIĞI



TÜTÜNDE AZOT NOKSANLIĞI



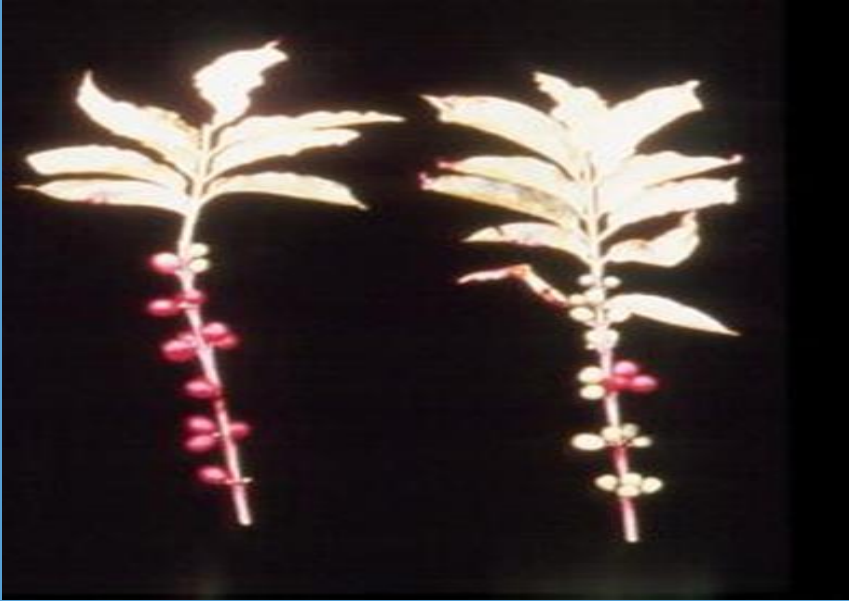
PALMİYEDE AZOT NOKSANLIĞI



ASMADA AZOT NOKSANLIĞI



ŞEKER KAMIŞINDA AZOT NOKSANLIĞI



KAHVEDE AZOT NOKSANLIĞI



PAMUKTA AZOT NOKSANLIĞI





Early stage of
N deficiency



Middle stage of
N deficiency



Later stage of
N deficiency

Progression of N deficiency



Normal



Early



Obvious

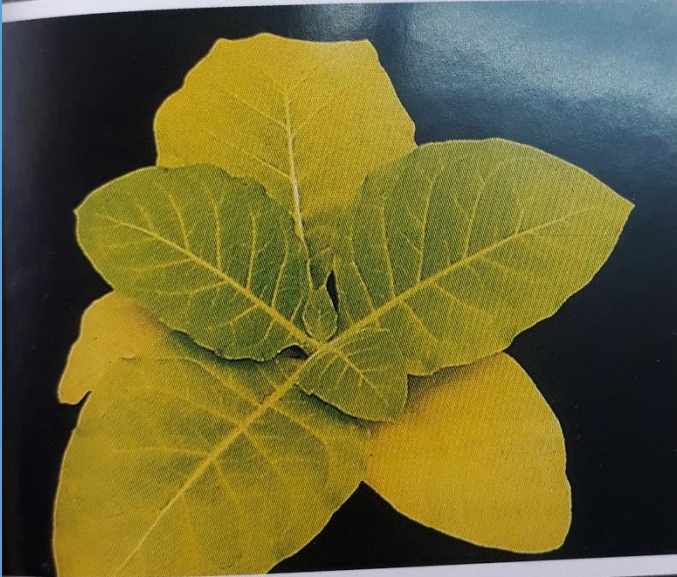


Advanced

1 cm



Kolzada azot
noksanlığı



Tütünde azot
noksanlığı



Düşük ve yeterli
azotuygulanan
marul



Atatürk çiçeği bitkisinde
azot noksanlığı



Afrika menekşesi bitkisinde
azot noksanlığı

Azot Fazlalığı

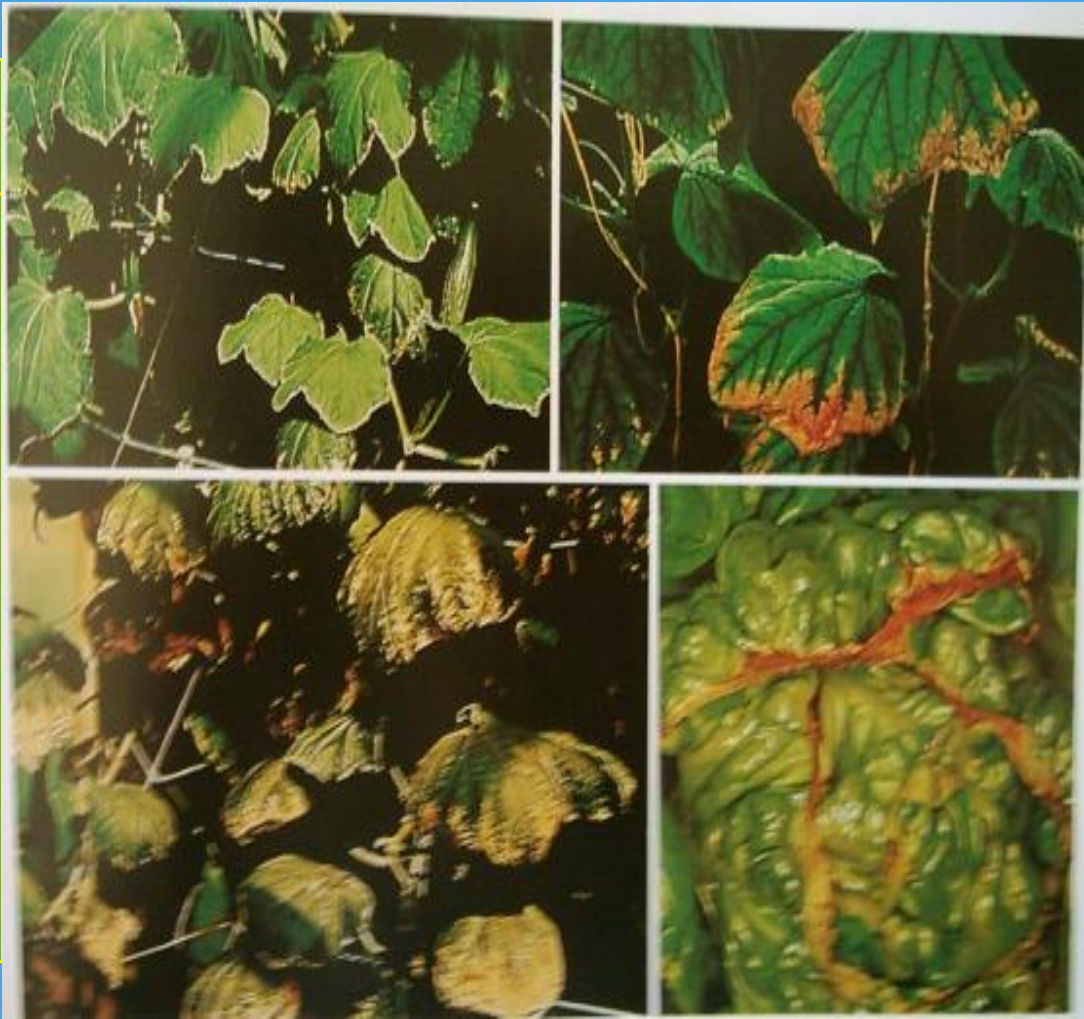
- vejetatif gelişmeyi ve tahıllarda kardeşlenmeyi **artırır**
- CHO ile N bileşikler arasındaki denge **bozulur**
- yatmaya sebep olarak başaklanma ve hasat işlemlerini **olumsuz etkiler**
- hastalık ve zararlılara direnç **azalır**
- soğuk-dona hassasiyet **artar**
- kaliteyi **olumsuz etkiler**

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

N uygulaması (mg kg ⁻¹)	Verim (kg da ⁻¹)	Şeker kapsamı (%)	Amino-N kapsamı (meq 100 g ⁻¹)	Aritılabilir şeker (%)	Şeker verimi (kg da ⁻¹)
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

Bitki Çeşidi	Nitrat Kapsamı (mg kg ⁻¹ , kuru ağı.)
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



HIYARDA AZOT TOKSİSİTESİ



ARPADA AZOT FAZLALIĞINA BAĞLI PAS HASTALIĞI



Elmada aşırı azotlu gübreleme'



Domateste aşırı azotlu
gübrelemeye bağlı olarak
oluşan 'lekeli olgunlaşma'

Fotoğraflar Prof. Dr. Mehmet Aktaş