



**T.C.**  
**ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BOZULMUŞ ALANLARDA YAYILIŞ GÖSTEREN BİTKİ TÜRLERİNİN  
NİTRAT REDÜKTAZ AKTİVİTESİ (NRA) ÜZERİNDE ARAŞTIRMALAR**

**Ayça ÇİÇEK**

**Prof. Dr. Hülya ARSLAN**

**( Danışman )**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**BURSA -2015**

## TEZ ONAYI

Ayça Çiçek tarafından hazırlanan “Bozulmuş alanlarda yayılış gösteren bitki türlerinin nitrat redüktaz aktivitesi (NRA) üzerinde araştırmalar” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliğı ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı’ nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Prof. Dr. Hülya ARSLAN

**Başkan** : Prof. Dr. Hülya ARSLAN  
Uludağ Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi,  
Biyoloji Anabilim Dalı

**Üye** : Prof. Dr. Gürcan GÜLERYÜZ  
Uludağ Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi  
Biyoloji Anabilim Dalı

**Üye** : Doç. Dr. Nevin ARIKAN ÖLMEZ  
Uludağ Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi  
Kimya Anabilim Dalı

**Yukarıdaki sonucu onaylarım.**

**Prof. Dr. Ali Osman DEMİR**

**Enstitü Müdürü**

.././....

**U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

**06/01/2015**

**Ayça ÇİÇEK**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### BOZULMUŞ ALANLARDA YAYILIŞ GÖSTEREN BİTKİ TÜRLERİNİN NİTRAT REDÜKTAZ AKTİVİTESİ (NRA) ÜZERİNDE ARAŞTIRMALAR

**Ayça ÇİÇEK**

Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Biyoloji Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof. Dr. Hülya ARSLAN

Bu çalışmada, Uludağ Üniversitesi Kampüsü' nde antropojenik etkinlikler sonucu bozulmuş alanlarda yayılış gösteren 54 bitki türünün farklı organlarına ait (toprakaltı sistemi, yaprak, gövde, çiçek, meyve, yaprak sapı) nitrat redüktaz aktivitesi (NRA) ve yapraklarındaki toplam azot içeriği ile bu bitkilerin topraklarındaki aktüel mineral azot ( $\text{NO}_3^-$  ve  $\text{NH}_4^+$ ) ve toplam azot içeriği araştırılmıştır. Bitkilerin nitrat indirgeme kapasitesi türe özgü olarak değişim göstermiştir. Araştırılan birçok türün birim NRA değerlerine göre organlar arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur ( $P<0,05$ ). En yüksek NRA değeri çoğunlukla yapraklarda saptanmış olmakla beraber diğer organların da bitkinin nitrat beslenmesine katkı sağladığı belirlenmiştir. Ayrıca toprakta artan nitrat içeriği ile türlerin yaprak NRA değerleri arasında ve yaprak nitrat redüktaz aktivitesi ile toplam azot içeriği arasında anlamlı pozitif ilişki bulunmuştur ( $P<0,05$ ). Araştırma sonucunda belirlenen nitrat özümleme kapasitesi yüksek türler; bozulmuş alanlarda meydana gelebilecek nitrat kayıplarını azaltmaları, bozulmuş olan alanı tamir ederek diğer türler için hazır hale getirmeleri ve doğal süksesyon sürecindeki rolleri bakımından ekolojik bir öneme sahiptir.

**Anahtar Kelimeler:** Nitrat redüktaz aktivitesi (NRA), bozulmuş alan, nitrat kaybı, Uludağ Üniversitesi

**2015, vii + 67 sayfa.**

## **ABSTRACT**

MSc Thesis

### **INVESTIONS ON NITRATE REDUCTASE ACTIVITY (NRA) IN PLANT SPECIES SPREAD ON DESTROYED AREAS**

**Ayça ÇİÇEK**

Uludağ University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Biology

**Supervisor:** Prof. Dr. Hülya ARSLAN

In this study, the nitrate reductase activities (NRA) and total nitrogen contents in different compartments (leaf, stem, flower, petiol, fruit and below ground) of 54 plant species spread on Uludağ University campus and, actual mineral ( $\text{NO}_3^-$  and  $\text{NH}_4^+$ ) and total nitrogen contents in their soils were investigated. The nitrate reduction capacities of each species were determined as NRA per total plant. Differences among compartments of plant species were significant. In these species the highest NRA values were determined in leaves. The significant positive correlations were found between nitrate contents of soils and leaf NRA and leaf NRA and total nitrogen content ( $P < 0,05$ ). Our results indicates that the nitrate reduction capacity of plants specific to species. The species which have high nitrate assimilation capacities have important ecological roles in restoration of destroyed areas by different ways such as reducing the nitrate losses and changing soil properties.

**Key Words:** Nitrate reductase actvitiy (NRA), destroyed areas, nitrate losses, Uludağ University

**2015, vii + 67 pages.**

## TEŐEKKÖR

Arařtırmamın tűm ařamalarında yardımlarını, bilgisini ve ilgisini esirgemeyen, yapıcı ve yönlendirici fikirleri ile bana her tűrlű konuda en bűyűk desteęi gűsteren tez danıřmanım Sayın Prof. Dr. Hűlya ARSLAN' a, çalıřmalarım sırasında verdięi yönlendirici bilgiler ve deęerli katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. Gűrcan GŬLERYŬZ' e, bitki tűrlerinin teřhis edilmesindeki yardımlarından dolayı Sayın Yrd. Doç. Dr. Gűl TARIMCILAR' a, analizler sırasında bana yardımları bulunan arkadaşlarım Fatma Selcen SAKAR ve Merve BAYRAK' a, bu sűrete bana her zaman destek olan ve maddi-manevi yardımlarını esirgemeyen sevgili aileme sonsuz teőekkűrlerimi ve űkranlarımı sunarım.

Ayça ÇİÇEK

06/01/2015

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>  
H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
KAl(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>  
KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>  
KNO<sub>2</sub>  
KNO<sub>3</sub>  
KOH  
MgO  
µl  
NaOH  
Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
NH<sub>4</sub><sup>+</sup>  
NO<sub>2</sub><sup>-</sup>  
NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

### Açıklama

Borik Asit  
Sülfürik Asit  
Potasyum Alüminyum Sülfat  
Potasyum Fosfat  
Potasyum Nitrit  
Potasyum Nitrat  
Potasyum Hidroksit  
Magnezyum Oksit  
Mikrolitre  
Sodyum Hidroksit  
Sodyum Sülfat  
Amonyum  
Nitrit  
Nitrat

### Kısaltmalar

GDH  
GOGAT  
GS  
NR  
NRA  
NiR

### Açıklama

Glutamat Dehidrojenaz  
Glutamin Oksoglutarat Aminotransferaz  
Glutamin Sentetaz  
Nitrat Redüktaz  
Nitrat Redüktaz Aktivitesi  
Nitrit Redüktaz

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vii
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	24
3.1. Araştırma Alanının Genel Durumu .....	24
3.2. Nitrat Redüktaz Aktivitesi Araştırılan Türler .....	25
3.3. Bitki ve Toprak Örneklerinin Alınması .....	25
3.4. Bitki Örneklerinde Nitrat Redüktaz Aktivitesinin (NRA) Tayini .....	27
3.5. Toprağın Nem Tayini .....	31
3.6. Aktüel Mineral Azot Tayini .....	31
3.7. Toplam Azot Tayini .....	32
3.8. Bulguların Değerlendirilmesi ve Uygulanan İstatiksel Yöntemler .....	33
4. BULGULAR .....	35
5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	52
KAYNAKLAR .....	56
ÖZGEÇMİŞ .....	66



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 3.1. Nitrat redüktaz aktivitesi araştırılan bazı türler (A: <i>Echinops viscosus</i> , B: <i>Amaranthus cholostahys</i> , C: <i>Lamium purpureum</i> , D: <i>Sinapis arvensis</i> , E: <i>Chenopodium murale</i> , F: <i>Melilotus officinalis</i> ).....	28
Şekil 3.2. Nitrat redüktaz aktivitesi araştırılan bazı türler (A: <i>Ecballium elaterium</i> , B: <i>Lavatera arborea</i> , C: <i>Echium angustifolium</i> , D: <i>Datura stramonium</i> , E: <i>Xanthium strumarium</i> , F: <i>Tribulus terrestris</i> ).....	29
Şekil 4.1. Araştırılan türlerin topraklarındaki nitrat içeriği ile yapraklarındaki nitrat redüktaz aktivitesi (NRA) arasındaki ilişki .....	50
Şekil 4.2. Araştırılan türlerin yapraklarındaki nitrat redüktaz aktivitesi (NRA) ile toplam N içeriği arasındaki ilişki.....	51

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.1. Nitrat redüktaz aktivitesi (NRA) araştırılan türler, familyaları ve örneklendikleri alanlar .....	26
Çizelge 4.1. Nitrat redüktaz aktivitesi (NRA) araştırılan her bir türün toprağındaki ortalama aktüel mineral ( $\text{NH}_4^+$ -N ve $\text{NO}_3^-$ -N) ve toplam azot (%) değerleri (n=5) .....	35
Çizelge 4.2. Örneklilik alanların toprak özellikleri açısından karşılaştırılması (n= 5, $\alpha$ : 0.05; Ortalama $\pm$ Standart Sapma; Harfler örneklilik alanlara ait toprak özellikleri açısından oluşan fark gruplarını ifade eder.) .....	37
Çizelge 4.3. Araştırılan monokotil türlerin organlarında ortalama NRA ( $\mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{KAsaat}^{-1}$ ), kuru ağırlık (g) değerleri ve her organın türün toplam NRA'ya katkısı (Harfler NRA açısından fark gruplarını ifade eder. n=5; $\alpha$ :0.05) .....	38
Çizelge 4.4. Araştırılan dikotil türlerin organlarında ortalama NRA ( $\mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{KAsaat}^{-1}$ ), kuru ağırlık (g) değerleri ve her organın türün toplam NRA'ya katkısı (Harfler NRA açısından fark gruplarını ifade eder. n=5; $\alpha$ :0.05) .....	40

## 1. GİRİŞ

Bitkinin içerdiği azot (N) miktarı yaşa, türe ve organlarına bağlı olarak değişmekle beraber, bitki kuru ağırlığının yaklaşık % 1- 5 ini meydana getirmektedir (Hawkesford ve ark. 2012). Azot bitkide protein, nükleik asit, klorofil, koenzim, fitohormon ve sekonder metabolit gibi birçok organik maddenin sentezi için gerekli olduğundan (Arslan ve Güteryüz 2002, Miller ve Cramer 2004, Marschner 2005) en önemli temel besin elementlerinden biri olarak kabul edilir (Haynes 1986, Gebauer ve Schulze 1997).

Bitkilerin yapı ve fonksiyonlarında önemli bir rol oynayan azot doğada döngü halinde olup; bu döngü serbest, inorganik ve organik N formları arasındaki dönüşüm süreçlerini kapsamaktadır. Bitkilerce kullanılan azotun temel kaynağı atmosferde gaz halinde bulunan serbest azot ( $N_2$ ) ve organik maddenin yapısında bulunan bağlı azottur (Arslan ve Güteryüz 2002). Her ne kadar azotun büyük bir kısmı (% 78) gaz halinde atmosferde depolansa da, bitkilerin gelişimi çoğu zaman azot alınabilirliği ile sınırlanır (Vitousek ve Howarth 1991). Azot fiske edebilen mikroorganizmalarla simbiyotik yaşayan Fabaceae familyası üyeleri (Gordon ve ark. 2001, Martinez-Espinosa 2011) hariç tutulursa, bitkiler  $N_2$  gazından doğrudan istifade edemezler; bu nedenle serbest ve organik bağlı azot, öncelikle toprakta bitkilerin kullanabileceği forma dönüştürülmelidir (Marschner 2005, Arslan ve Güteryüz 2002).

Azot, bitkiler tarafından temelde nitrat ( $NO_3^-$ ) veya amonyum ( $NH_4^+$ ) olarak inorganik formda alınmakla birlikte (Hawkesford ve ark. 2012) bazı bitkilerin aminoasit, üre gibi organik azot bileşiklerini de azot kaynağı olarak kullanabildiği ifade edilmiştir (Chapin ve ark. 1993, Miller ve Bowman 2003, Näsholm ve ark. 2009). Örneğin aminoasitler; organik bağlı peptit ve proteinlerin topraktaki mikroorganizmalar tarafından salgılanan proteazlar vasıtasıyla parçalanmasının ardından serbest kalmakta (Owen ve Jones 2001) ve böylece bitki kökleri tarafından alınabilir hale gelmektedir. Aynı şekilde azot gübresi olarak toprağa bırakılan üre direkt olarak bitki tarafından kullanılabilir (Kojima ve ark. 2007). Fakat bitkiler bu organik azot kaynaklarının alımında mikroorganizmalarla yarış halindedir (Miller ve Cramer 2004).

Bitkilerin asıl olarak kullanabildiği azot kaynakları toprakta farklı mikroorganizma gruplarının iş gördüğü mineralizasyon ile oluşur. Bitkinin ölümünden sonra organik bağlı azotun amonyağa dönüştüğü safha amonifikasyon olarak bilinir. Mineralizasyonun ileri safhasında amonyak halindeki azot, önce nitrit daha sonra nitrat tuzlarına dönüşür. Nitrifikasyon denilen bu olay sonucunda topraktaki azot bitkinin yararlanabileceği nitrat formuna dönüşmüş olur ve bitki tarafından tekrar alınarak azot döngüsüne katılır (Arslan ve Güteryüz 2002). Bu inorganik azot formları toprakta bulunan toplam azotun çok küçük bir kısmını oluşturur (Dechorgnat 2011).

Azot mineralizasyonu sonucu oluşan amonyum ve nitrat çoğu zaman toprakta bir arada bulunsa da (Gebauer ve ark. 1984) bu iki inorganik azotun toprakta bulunma oranları çeşitli faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Bijlsma ve ark. 2000). Örneğin; düşük pH' a ve sıcaklığa sahip, havasız topraklarda azalan nitrifikasyon hızına bağlı olarak amonyum konsantrasyonu artmaktadır (Britto ve Kronzucker 2002). Bunların dışında inorganik azot miktarı toprak tipine, gübrelemeye, mikrobiyal aktiviteye (Dechorgnat 2011) ve rizosferdeki alınabilir karbon (C) miktarına bağlı olarak değişmektedir (Miller ve Cramer 2004). Azot mineralleşme oranlarının bataklık alanları ile bozulmuş alanlar arasında 0 kg/ha/yıl'dan 300 kg/ha/yıl'a kadar değiştiği (Ellenberg 1977), özellikle bozulmuş alanların toprağında egemen inorganik azot formunun nitrat olduğu ortaya konulmuştur (Melzer ve ark. 1984).

Toprakta nitrat iyonlarının serbest halde bulunmasından dolayı, nitratin bitkilerce daha kolay alınabildiği bildirilmiştir (Miller ve Cramer 2004). Rizosferde bulunan nitrat iyonları, kökün epidermis ve korteks hücrelerinden aktif taşıma yoluyla alınır (Miller ve Cramer 2004). Bu alımın için gerekli olan metabolik enerji hidrojene bağlı ATP' az ( $H^+$ -ATP' az) tarafından sağlanır (Pilbeam ve Jan 1999) ve dış ortamın nitrat konsantrasyonu ile birebir ilişkilidir (Miller ve Smith 1996). Bitkiler dış ortamın nitrat konsantrasyonuna bağlı olarak iki farklı alım mekanizmasına sahiptir. Toprakta nitrat düşük konsantrasyonlarda bulunduğu zaman ( $< 1mM$ ) yüksek eğilimli taşıma sistemi (HATS), yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu zaman ( $< 1mM$ ) ise düşük eğilimli taşıma sistemi (LATS) aktiftir (Dechorgnat 2011). Bu taşıma sistemlerinde görevli taşıyıcı proteinleri kodlayan iki büyük gen ailesi (NRT1 ve NRT2)

tanımlanmıştır (Miller ve Cramer 2004, Hawkesford ve ark. 2012). Genel olarak; NRT1 tarafından kodlanan taşıyıcı proteinlerin LATS' de, NRT2 tarafından kodlanan taşıyıcı proteinlerin ise HATS' de görevli olduğu düşünülmektedir (Tsay ve ark. 2007). Bununla birlikte; tanımlanan AtNRT1.1 geninin düşük dış nitrat konsantrasyonlarında da işlevsel olduğu bildirilmiştir (Ho ve ark. 2009).

Son yıllarda atmosferde biriken nitratın ve denitrifikasyon ile oluşan azot gazı bileşiklerinin [örneğin; azot dioksit (NO<sub>2</sub>)] bitkinin toprak üstü organları tarafından azot kaynağı olarak kullanılabildiği bildirilmiştir (Liu ve ark. 2014). Atmosferde bulunan düşük konsantrasyonlardaki nitrat ve azot dioksit çoğunlukla stomalar yardımıyla yaprak dokularına giriş yapar. Apoplastik boşlukta taşınan su içerisinde çözünen azot dioksit, kimyasal reaksiyonlarla nitrate ve/ veya nitrite dönüşür. Oluşan bu nitrat ve nitrit ise hücrede indirgenecekleri bölgelere (veya nitratın depolanacağı vakuole) taşınır ve azotlu organik bileşiklerin yapısına katılır (Hawkesford ve ark. 2012, Hu ve ark. 2014).

Bitki tarafından topraktan alınan nitrat iyonları ya köklerde nitrat redüktaz enziminin etkenliğinde indirgenir (özümleme); ya vakuollerde depolanır ya da doğrudan ksilem borusuna transfer edilerek topraküstü kısımlara iletilir (Peuke ve ark. 2013). Alınan nitratın bitkinin hangi kısımlarında indirgeneceği türe bağlı olarak değişir (Miller ve Cramer 2004). Örneğin Mata ve ark. (2000) *Quercus suber* türünde nitratın çoğunlukla köklerde indirgendiğini bildirmişlerdir. Buna karşılık doğal ortamda yetişen 8 monokotil bitki türünde yapılan bir araştırmada nitratın çoğunlukla topraküstü kısımlarda indirgendiği belirtilmektedir (Scheurwater ve ark. 2002). Stadler ve Gebauer (1992) ise element içeriği yönünden zengin bir alanda yetişen *Fraxinus excelsior* türünde nitratın tercihen yapraklarda indirgendiğini, tüm özümlemenin sadece %10' luk bir kısmının köklerde gerçekleştiğini bildirmiştir. Köklerde gerçekleşen indirgemenin az olması, dış ortamın nitrat konsantrasyonuyla ilişkili olup, dış ortamdaki nitrat konsantrasyonu arttıkça köklerde nitrat özümlemesi azalır ve nitratın çoğu ksilem yoluyla bitkinin diğer kısımlarına taşınır. (Jiao ve ark. 2000). Eğer nitratın dış ortamdan alınma hızı indirgeme hızından fazla olursa, nitrat bitkinin kök veya gövdesinde biriktirilir.

Topraktan alınan nitrat, fotosentez reaksiyonları sonucu elde edilen enerji kullanılarak bitki içerisinde amonyağa indirgenir. Nitratın indirgenmesi iki aşamada gerçekleşir ve her aşama farklı iki enzimin katalizörlüğünde meydana gelir. İlk aşamada nitrat, Nitrat Redüktaz (NR) enziminin katalizörlüğü ile nitrite indirgenirken; ikinci aşamada, oluşan bu nitrit Nitrit Redüktaz (NiR) enziminin katalizörlüğü ile amonyağa indirgenir (Solomonson ve Barber 1990, Marschner 1995, Pilbeam ve Jan 1999, Miller ve Cramer 2004).

Nitrat redüktaz sitozolde lokalize olmuş kompleks bir enzim olup nikotin adenin dinükleotidten (NADH) ve/veya nikotin adenin dinükleotid fosfat [NAD(P)H] dan elektron transferini sağlayan benzer iki alt birimden meydana gelmiştir. Enzim bu elektron transferinde görev alan ve flavin adenin dinükleotid (FAD), sitokrom (Cyt.) ve molibden içeren prostetik gruplar ihtiva eder (Solomonson ve Barber 1990, Tischner 2000, Miller ve Cramer 2004). Nitrat redüktaz 200 000 ile 500 000 arasında değişen bir molekül ağırlığına sahiptir (Marschner 1995).

Nitrat redüktaz aktivitesi birçok çevresel uyarıcı tarafından düzenlenir. Nitrat redüktaz substratı tarafından uyarılabilen bir enzim olup (Kronzucker ve ark. 1995, Tischner 2000, Arslan ve Güteryüz 2005), bu uyarılma çok düşük konsantrasyonlardaki nitrat (< 10 µM) ile birkaç dakika içerisinde meydana gelebilir (Crawford 1995, Miller ve Cramer 2004). Bununla birlikte NR geninin ekspresyonu için ortamda nitratın varlığı mutlak koşul değildir (Tischner 2000). Soya fasulyesinde NR enziminin 3 izoformu bulunduğu, bunlardan sadece birinin nitrat ile uyarılabildiği bildirilmiştir (Santucci ve ark. 1995).

Bitkilerin yapraklarındaki nitrat redüktaz aktivitesi ışık yoğunluğu, fotoperiyot ve fotoperiyot sırasındaki ışık süresi tarafından etkilenmektedir. Düşük ışık şiddeti altında gelişen bitkilerin nitrat redüktaz aktivitesi düşük olup, aydınlık bir ortama bırakılmaları halinde bitkilerin nitrat redüktaz aktivitesinde artış görülür (Beevers ve Hageman, 1983, Tischner 2000, Arslan ve Güteryüz 2002). Gün uzunluğu (fotoperiyot) da ışık yoğunluğu gibi nitrat redüktaz aktivitesi üzerinde etkilidir. Topraktaki azot kaynağı yeterli olsa bile (Tischner 2000) kış aylarında bitkilerin enzim aktivitesinin

düştüğü Cantliffe (1972) tarafından gösterilmiştir. Yapraktaki nitrat redüktaz aktivitesinin gün içerisinde de değişim gösterdiği, fotosentez hızı ile ilişkili olarak gün ortasında en yüksek olduğunu tespit edilmiştir (Gebauer ve ark. 1984, Hipkin ve ark. 1984). Köklerde ise belirgin bir günlük model yoktur (Arslan ve Güteryüz 2002). Ayrıca ışık enziminin stabilizasyonunu da etkilemektedir (Lillo ve Henricksen 1984).

Nitrat redüktaz aktivitesi bitkide yaprağın oluşumu (ontogenezis) sırasında değişkenlik gösterir. Yaprak büyüme hızı maksimum olduğunda nitrat redüktaz aktivitesi de maksimum değerlere ulaşır ve bu aşamadan sonra hızlıca düşer. Tamamen büyümüş yapraklarda ise aktivite genellikle yavaştır (Koyama ve ark. 2008, Pinto ve ark. 2014).

Toprağın yüksek tuz içeriği köklerde nitrat özümlemesini önemli ölçüde düşürür (Khan ve Srivastava 1998). Nitrat redüktaz prostetik grup olarak molibdene ihtiyaç gösterdiğinden, molibden aktif nitrat redüktaz sentezi için oldukça önemlidir (Gebauer ve Schulze 1997). Kök çevresindeki düşük sıcaklıklar nitrat alımından çok NR aktivitesini etkiler (Toselli ve ark. 1999). Türe bağlı olarak değişen uygun sıcaklığın üzerindeki değerler, nitrat redüktaz enzimini inaktive eder. Kuraklık da köklerden topraküstü kısımlara nitrat akışını azaltarak nitrat redüktaz aktivitesini etkileyen faktörlerden birisidir (Haynes 1986).

Fotosentez sonucu meydana gelen indirgeyiciler hem karbon hem de azot özümlemesinde kullanıldığından, artan atmosferik karbondioksit (CO<sub>2</sub>) değerleri bitkilerin nitrat özümleme kapasitesini etkileyebilir (Bloom ve ark. 2010). Chapin ve ark. (1987) bitkilerin nitrat özümlemesi sırasında karbon metabolizmasında kullanılan indirgeyicilerin % 25' ini tek başına kullanabildiğini tespit etmişlerdir. Artan atmosferik CO<sub>2</sub> değerleri, bitkilerin nitrat metabolizmasını farklı şekillerde etkileyebilir. Bazı araştırmacılar CO<sub>2</sub> de meydana gelen bir artışın yapraklardaki NR aktivitesini artırdığını (Larios ve ark. 2001, Matt ve ark. 2001), bazı araştırmacılar ise bu artış ile NR aktivitesinin düştüğünü bildirmiştir (Sicher 2001, Searles ve Bloom 2003). Cousins ve Bloom (2003) ise *Zea mays* yapraklarındaki nitrat redüktaz aktivitesini etkilemediğini ortaya koymuştur. Bitkilerin tepkisi, toprağın azot formuna ve konsantrasyonuna

(Geiger ve ark. 1999), bitki türüne (Cousins ve Bloom 2003) ve mikorizal ilişkiye (Constable ve ark. 2001) bağlı olarak da değişkenlik göstermektedir.

Nitrat redüktaz aktivitesi amonyum ve aminoasit gibi azot bileşikleri ile inhibe olabilir (Aslam ve ark. 1997, Stitt 1999). Aminoasitlerden glutamin ve asparagin en etkili inhibitörlerdir (Sivasankar ve Oaks 1995).

Bitkilerin nitrat özümlemesinde ikinci basamak nitritin indirgenmesidir. Nitratın redüksiyonu ile oluşan nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) kloroplastlarda NiR enzim aktivitesi ile amonyağa indirgenir. Fotosentetik elektron taşınımıyla indirgenen ferrodoksin nitritin redüksiyonu esnasında elektron verici olarak görev alır. Bu sebeple reaksiyon ışığa bağımlıdır. Bitkilerin fotosentez metabolizması karanlık ortamda sekteye uğradığı zaman, NR aktivitesi inaktive olmazsa bitkiler için son derece toksik olan  $\text{NO}_2^-$  hücrede birikebilir (Lillo 1994). Riens ve Heldt (1992) karanlığa bırakılan ıspanak hücrelerinde enziminin 2 dakika gibi kısa bir sürede yarılanarak, NR aktivitesini ~% 15 oranında düşürdüğünü bildirmişlerdir. Karanlık ortamda NR aktivitesinin azalmasını sağlayan düşük pH, artan ADP ve fosfat konsantrasyonları (Sanchez ve Heldt 1990), siyanid ve süperoksit (Solomonson ve Barber 1990) gibi birçok faktör mevcuttur.

Bitkilerce kökler vasıtasıyla alınan amonyumun veya nitratın indirgenmesi sonucu oluşan amonyak bitki dokusu için toksik olması nedeniyle biriktirilmeyip hemen organik yapılara girmek zorundadır. Amonyakın organik yapılara girişi *Glutamin sentetaz- Glutamat sentaz* yolu adı verilen mekanizma ile gerçekleşir (Marschner 1995). Bu yolda amonyak, glutamin sentetaz enziminin etkenliğinde glutamin; glutamat sentaz enziminin katalizörlüğünde ise glutamik asit yapısına katılır ve daha sonra çeşitli aminoasitlerin oluşumunda rol alır. Aminoasitler de çeşitli reaksiyonlara girerek proteinlerin, nükleikasitlerin, vitaminlerin ve diğer azotlu bileşiklerin oluşmasını sağlar. Böylece azot, organik yapılara katılmış olur.

Bitkinin yetiştiği ortamdaki nitrat varlığını yansıttığı belirtilen nitrat redüktaz aktivitesinin (Lee ve Stewart, 1978) ekolojik çalışmalarda bir indikatör olarak kullanılabileceği kabul edilmekte olup (Gebauer ve ark 1988, Högberg ve ark 1986,



Lodhi ve Ruess 1988, Olsson ve Falkengren- Grerup 2003, Arslan ve Güteryüz 2005, Dias ve ark. 2011b) çeşitli araştırmacılar tarafından bu yönü ile ele alınmıştır. Örneğin Arslan ve Güteryüz (2005) tarafından yapılan çalışmada Akdeniz bölgesi bitki örtüsünün temel elemanları olan bazı geofit türlerinin nitrat redüktaz aktivitesinin, bitkinin habitatındaki nitrat varlığını gösterdiğini ve nitrat özümleme kapasitesinin türe özgü bir karakter olduğunu bildirmişlerdir. Dias ve ark. (2011b) yine Akdeniz ekosistemlerinde bitkinin türü, ait olduğu fonksiyonel grup ve yılın hangi zaman diliminde bulunulduğu dikkate alınmak suretiyle, ekolojik araştırmalarda nitrat redüktaz aktivitesinin nitrat kaynağının bir göstergesi olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Bu bakış açısı ile doğal bitkilerin nitrat redüktaz aktivitesi ile belirlenen nitrat indirgeme kapasitesi, doğal ve insan etkenlikleri ile bozulmuş ekosistemlerde nitrat varlığının ve bununla ilgili çeşitli süreçlerin ortaya konmasında önem arz etmektedir.

Pickett ve White (1985)' a göre bozulma, nispeten aralıklı zamanlarda gerçekleşen bir olayın ardından ekosistemde, populasyon yapısında, ekosistemin fiziksel özelliklerinde ve besin durumunda meydana gelen bir değişimdir. Bozulma çoğunlukla tahmin edilemeyen bir olaydır ve genellikle süksesyona yol açar. Stres etmeni ile beraber bu iki süreç bitki dinamiğini ve dağılımını etkileyebilen önemli etmenlerdir (Trémolières 2004). Bozulma biyotik, abiyotik, doğal ya da antropojenik etkenlerle gerçekleşebilir. Bozucu etken ise bir ekosistemin biyomasına zarar veren mekanizmaların bütünüdür (Grime 1979).

Doğal alanlarda meydana gelen bir bozulmanın ardından toprak sıcaklığı artmakta ve nemin etkisi ile beraber N mineralleşmesi de hızlanmaktadır (Vitousek ve ark. 1979). Bozulmuş alanların toprağında çoğunlukla egemen olan inorganik azot formu nitrat olup, bu tür alanlara yerleşen bitkilerin gelişiminde belirleyici bir role sahiptir (Melzer ve ark. 1984). Özellikle insan etkenliğiyle bozulmuş doğal alanlara bazı ruderal bitki türleri öncü olarak yerleşir ve baskın hale gelir. Bu öncü türlerin bozulmuş alanlara hızla yerleşmesi; yıkanma ile meydana gelecek besin kayıplarının azalmasına (Marks ve Bormann 1975), toprak üzerinde oluşturacakları gölge ile sıcaklığı düşürerek nitrifikasyon oranının azalmasına (Foster ve ark. 1980), biyomas üretimiyle toprak organik maddesinin artmasına büyük oranda katkı sağlarlar. Yol kenarları, çöp yığınları,

bina çevreleri, terk edilmiş hayvan barınakları gibi bozulmuş alanlarda gelişen ve bu alanlarda tekrar bitki örtüsünün gelişmesine katkı sağlayan ruderal bitki türleri çoğunlukla nitrofil bitkiler olarak kabul edilirler (Marschner 1995). Bu türler yüksek nitrat alım ve kullanım kapasiteleri ile bozulmuş olan alanı diğer türler için hazır hale getirerek bu alanların tamirinde ve doğal süksesyon sürecinde çok önemli role sahiptir (Gebauer ve ark. 1988, Güteryüz ve Arslan 1999). Bu çalışmada, Uludağ Üniversitesi Kampüsünde antropojenik etkenlerle bozulmuş alanlarda yayılış gösteren bitki türlerinin nitrat redüktaz aktivitesi belirlenerek türlerin nitrat kullanım etkinlikleri açısından değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Al Gharbi ve Hipkin (1984), 40 familyayı temsil eden 100'den fazla türden aldıkları yaprak dokularında *in vivo* nitrat redüktaz aktivitesini araştırmışlardır. En yüksek aktivitenin ruderal türlerin yapraklarında ( $4,39 \mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{TM h}^{-1}$ ) belirlendiği, nitrat redüktaz aktivitesinin orman sınırı türlerinde  $1,36 \mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{TM h}^{-1}$  olduğu, odunsu türlerde ise  $1,00 \mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{TM h}^{-1}$ ' den düşük olduğu ortaya konulmuştur.

Gebauer ve ark. (1984) tarafından *Rumex obtusifolius* L. bitkisinin farklı organlarındaki nitrat özümleme kapasitesi ile nitrat redüktaz enzim aktivitesinin günlük değişimi araştırılmıştır. Işık şiddetine bağlı olarak yaprakların enzim aktivitesinin gün içerisinde değişim gösterdiği, karanlığa bırakılan bitkilerde nitrat redüktaz aktivitesinin düştüğü bildirilmiştir. Yabani labada bitkisinde en yüksek nitrat redüktaz aktivitesi yapraklarda ölçülmüştür.

Hipkin ve ark. (1984) ormanaltı, orman sınırı ve ruderal komünitelerdeki bitki türlerinin nitrat redüktaz aktivitesini araştırmışlardır. Nitrat ilavesi ile ormanaltı ve orman sınırı türlerinde aktivitenin arttığı, yalnız molibden ile beslemenin türlerin aktivitelerini önemli ölçüde etkilemediği tespit edilmiştir. Her üç komünitenin de nitrat redüktaz aktivitesi yönünden günlük değişim gösterdiğini bildiren araştırmacılar, aktivitenin gün ortasında maksimum seviyeye eriştiğini ve daha sonra azaldığını ortaya koymuşlardır.

Gebauer ve ark. (1988) tarafından Orta Avrupa'nın farklı ekolojik ve taksonomik gruplarından seçilen 48 bitki türünün nitrat içeriği, nitrat redüktaz aktivitesi ve organik azot içeriği araştırılmıştır. Araştırmada nitrat redüktaz aktivitesi türler arasında ve türün farklı organları arasında değişkenlik göstermiştir. Türlerin nitrat redüktaz aktivitesi ile nitrat ve organik N içeriklerinin Ellenberg (1979) tarafından tanımlanan Orta Avrupa damarlı bitkilerinin "azot durumları" ile paralellik gösterdiği belirtilmiştir.

Cruz ve ark. (1991) tarafından, sera koşullarında yetiştirilen genç *Ceratonia siliqua* L. (keçiboynuzu) bitkilerinin kök ve yapraklarındaki nitrat redüktaz enzim aktivitesi ölçülmüştür. Köklerdeki enzim aktivitesinin (%80), yapraklardakinden (%20) daha fazla olduğu, kök sisteminde ise en yüksek aktivitenin kök ucunda ( $4,50 \mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{KM h}^{-1}$ ) meydana geldiği belirlenmiştir. Araştırmacılar, sürgünlere taşınan nitrat miktarını artırmanın yapraklarda gerçekleşen nitrat redüksiyonunu önemli ölçüde artırdığını; yapraklarda nispeten düşük olan nitrat redüktaz aktivitesinin köklerden sürgünlere taşınan nitrat miktarının sınırlı olmasından kaynaklanıyor olabileceğini ortaya koymuşlardır.

Stewart ve ark. (1992) savan ve orman komünitelerindeki bazı doğal bitki türlerinin kök ve yapraklarındaki nitrat redüktaz aktivitesini araştırmışlar ve kum kültüründe  $^{15}\text{N}$  ile işaretli amonyum sülfat  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$  ve potasyum nitrat  $[\text{KNO}_3]$  ile gelişen aynı türlerin aktivitesiyle karşılaştırmışlardır. Bozulmuş açık alanlarda ve orman sınırında gelişen öncü ruderal türlerin nitrat redüktaz aktivitesinin çok yüksek olduğu ve bu türlerin yapraklarında köklerdekinden daha fazla nitrat özümlemesi gerçekleştiği bildirilmiştir. Kontrollü şartlarda farklı inorganik azot formları ile uyarılmış bitki türlerinde yaprak nitrat redüktaz aktivitesinin arttığı ortaya konulmuştur. Araştırmacılar, yüksek nitrat özümleme kapasitesine sahip *Enterolobium contortisiliquum* türü ile düşük nitrat özümleme kapasitesine sahip *Calophyllum brasiliense* türünün  $^{15}\text{N}$ -nitrat ve bazı aminoasit içeriklerinin (alanin, serin, aspartat, asparagin, glutamat, glutamin) nitrat redüktaz aktiviteleriyle doğru orantılı olarak değiştiğini, bu iki türün amonyum özümleme kapasitelerinin ise benzer olduğunu bildirmişlerdir.

Ohlson ve Högbom (1993), besin elementlerince zengin bataklık ormanlarında aynı habitatı paylaşan 8 bitki türünün (*Aconitum septentrionale*, *Carex disperma*, *Crepis paludosa*, *Filipendula ulmaria*, *Geranium sylvaticum*, *Lactuca alpina*, *Poa remota* ve *Stellaria nemorum*) vejetasyon dönemleri boyunca (Haziran- Eylül) nitrat özümleme kapasitelerini araştırmışlardır. Türlerin nitrat redüktaz aktivitesi ile yaprak azot içerikleri arasında pozitif ilişki bulunmuş, nitrat redüktaz aktivitesi en yüksek *F. ulmaria*, en düşük *C. disperma* yapraklarında belirlenmiştir. Araştırmacılar nitrat

kullanımında türe özgü zamansal farklılıkların, türler arasındaki rekabeti azaltarak biyolojik çeşitliliği artırdığını bildirmişlerdir.

Atkin ve ark. (1993) tarafından arktik bölgede yayılış gösteren bazı bitki türlerinin (*Dryas integrifolia*, *Saxifraga oppositifolia*, *Salix arctica*, *Cerastium alpinum*, *Saxifraga cernua*, *Papaver radicum*, *Oxyria digyna*) kök ve yapraklarındaki azot bağlama kapasitesi ölçülmüş ve azot gübrelemesinin nitrat redüktaz aktivitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırılan türlerin çoğunda en yüksek nitrat özümlemesi bireylerin yapraklarında belirlenmiştir. NaNO<sub>3</sub> ile gübrelemek *P. radicum* ile *C. Alpinum* dışındaki türlerin yaprak nitrat redüktaz aktivitesini arttırırken, *S. arctica* ve *S. cernua* dışındaki diğer bitkilerin kök nitrat redüktaz aktivitesini önemli ölçüde etkilememiştir. Genel anlamda arktik bitki türlerinin nitratı azot kaynağı olarak kullanabilme yeteneklerinin olduğu <sup>15</sup>N ile işaretli denemelerle gösterilmiştir.

Widmann ve ark. (1993)' nin bazı su depolayan (sukkulent) CAM ve C<sub>3</sub> bitkileriyle yaptığı çalışmada türlerin nitrat redüktaz aktivitesinin, bulunduğu alanın azot ve/ veya su içeriğiyle ilişkili olduğu ortaya konulmuştur. Araştırılan tüm türlerin nitrat redüktaz aktivitesinin düşük nitrat içeriğine ve kuraklığa bağlı olarak azaldığı bildirilmiştir. Türlerin azot kullanım yeteneklerinin türe özgü olduğunu, bireyin yaşına ve çevresel koşullara bağlı olarak değiştiğini göstermişlerdir.

Granger ve ark. (1994) tarafından nehir kıyısında yayılış gösteren bazı okalıptüs ağaçlarının (*Eucalyptus ovata* Labill. ve *E. Camphora* R.T. Baker) yoğunluğunun azalıp, yerlerini ormanaltı bitki türlerine bırakmasında artan azot kirliliğinin etkisi araştırılmıştır. Yerli okalıptüs ağaçlarının kök ve yapraklarındaki nitrat özümleme kapasiteleri incelendiğinde, yapraktaki aktivitenin köklerden yüksek olduğu ve yaprak azot içeriğiyle paralellik gösterdiği ortaya konulmuştur. Hayvan çiftliklerine ve tarımsal alanlara yakın olduğu bilinen bu doğal alandan örneklenen yerli ve istilacı türlerin nitrat özümleme kapasiteleri karşılaştırılmış, otsu türlerin yerli ve diğer istilacı ormanaltı türlerden daha yüksek bir nitrat redüktaz aktivitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durumun yerli türleri olumsuz etkilediğini belirten araştırmacılar nehir taşkını veya tarımsal faaliyetler sonucu gerçekleşen bozulmanın bitki besin elementlerini dengesiz

hale getirdiğini ve bu durumun doğal ekosistemleri önemli ölçüde etkilediğini savunmuşlardır.

Engelaar ve ark. (1995), normal ve sıkıştırılmış toprakta yetiştirdikleri *Rumex palustris* (bataklık labadası) ve *Plantago major* spp. *major* (damar otu) türlerinin kök ve sürgünlerindeki nitrat redüktaz aktivitelerini, azot içeriklerini ve net nitrat alım oranlarını tayin etmişlerdir. Normal ve sıkıştırılmış toprakta gelişen bitkilerin nitrat redüktaz enzim aktiviteleri arasında istatistikî açılarından önemli bir farklılık bulunmadığı tespit edilmiş; *R. palustris* bitkisinin ( $18,8 \mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1}_{\text{KM}} \text{h}^{-1}$ ), *P. major* türünden ( $5,34 \mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1}_{\text{KM}} \text{h}^{-1}$ ) daha yüksek bir nitrat redüktaz aktivitesine sahip olduğu belirlenmiştir. *P. major* kökleri dışında, türlerin nitrat redüktaz aktivitesi ile nitrat içerikleri arasında pozitif bir ilişki olduğu ortaya konulmuştur.

Nordin ve Näsholm (1997) tarafından kuzey ormanlarının 9 alt bitki örtüsünün (*Vaccinium vitis-idaea* L., *Vaccinium myrtillus* L., *Gymnocarpium dryopteris* L. Newm., *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin., *Epilobium angustifolium* L., *Maianthemum bifolium* (L) FW Schm., *Solidago virgaurea* L., *Geranium sylvaticum* L., *Trientalis europaea* L.) depoladıkları azot formu araştırılmıştır. Geç sonbaharda örneklenen tüm türlerin yazın örneklenenlere kıyasla daha yüksek bir serbest aminoasit içeriğine sahip olduğu, protein içeriklerinin ise örnekleme zamanına bağlı olarak değişmediği belirlenmiştir. Karışık besin elementleriyle gübreleme bitkilerin aminoasit ve protein içeriğini artırırken; bitkilerde nitrat saptanamamıştır. Araştırmacılara göre bu durum, türlerin tercihen depoladıkları temel azot formunun nitrat olmadığını göstermektedir.

Schmidt ve ark. (1998) tarafından muson iklimine sahip Kakadu Milli Parkı'nda (Avustralya) doğal veya çeşitli etkenlerle bozulmuş alanlardan alınan farklı bitki türlerinin azot metabolizmaları karşılaştırılmıştır. Tüm komünitelerin yapraklarında nitrat redüktaz aktivitesi genel olarak düşük bulunmuştur. Farklı bozucu etmenlerin nitrat redüktaz aktivitesi üzerindeki etkilerinin de farklı olduğu bildirilmiş, maden atık suları veya yangın gibi bozucu etmenlerin, bu alanlar üzerinde gelişen bitkilerin nitrat redüktaz aktivitesi ve azot içeriklerini önemli ölçüde etkilemediği ortaya konulmuştur. Araştırmacılar nitrat bakımından zengin türlerle aynı komünite içerisinde yer alan düşük

azot özümleme yeteneğine sahip bitki türlerinin, yaprak ve ksilem özsuyunun içerdiği azot miktarı bakımından değişmesini, bu türlerin nitrat kullanımına ilişkin biyolojik niş farklılıklarına bağlamışlardır. Bu durumun bitki biyoçeşitliliğini arttıran önemli bir etmen olduğu savunulmuştur.

Gülyüz ve Arslan (1999) Doğu Akdeniz Bölgesi'nde yayılış gösteren bazı *Verbascum* L. türlerinin nitrat redüktaz aktivitesini yükseklikle ilişkili olarak araştırmışlardır. Araştırmacılar nitrat bağlama kapasitesinin *Verbascum* L. türleri arasında, türün habitatları arasında ve türün organları arasında değişim gösterdiğini, en yüksek nitrat redüktaz aktivitesinin tüm türlerin yapraklarında belirlendiğini ortaya koymuşlardır.

Ogawa ve ark. (1999), kültüre alınmış ıspanak (*Spinacia oleraceae*) hücrelerindeki nitrat redüktaz ve nitrit redüktaz genlerinin bir azot metaboliti olan glutamin ile nasıl düzenlendiğini araştırmışlardır. Bu amaçla, nitrat içeren MS ortamında çoğaltılan ıspanak hücreleri ikinci gün sonunda  $10 \text{ mmol-L}^{-1}$  L-glutamin içeren MS ortamına aktarılmış ve hücrelerin 24, 48 ve 96 saat sonundaki NADH-NR ile NiR aktiviteleri belirlenmiştir. Araştırma sonucunda nitrat ile birlikte glutamin varlığında hücrelerin nitrat redüktaz aktivitesi azalırken, nitrit redüktaz aktiviteleri değişmemiş fakat tek azot kaynağı L-glutamin olduğunda hücrelerde nitrit redüktaz aktivitesi belirlenememiştir. Hücrelerin mRNA seviyelerinin, NR ve NiR aktivitelerine benzer bir model oluşturduğu ortaya konulmuştur. Araştırmacılar L-glutaminin NR ve NiR genlerinin ifadesini baskılayan bir role sahip olduğunu, NR ve NiR genlerinin farklı düzenleyici faktörlere farklı tepki mekanizmaları geliştirmiş olabileceğini belirtmişlerdir.

Malagoli ve ark. (2000), İtalyan Alplerinde geniş bir yayılış gösteren İskoçya çamı (*Pinus sylvestris*) ve Avrupa melezinin (*Larix decidua*) azot alım mekanizmaları arasındaki farklılıkları araştırmışlardır. Her iki türün de tercih ettiği azot tipinin amonyum olduğu, *L. decidua*'nın *P. sylvestris*'ten daha etkili bir azot metabolizmasına sahip olduğu ortaya konulmuştur. Araştırmacılar besin ortamına verilen azot tipi nitrat olduğunda ilk 24 saatte bitkilerin net nitrat alım oranlarının kontrol grubuna göre

arttığını, amonyum olduğunda ise bitkilerin net amonyum alım oranlarının değişmediğini, nitrat yokluğunda her iki türün köklerindeki nitrat redüktaz aktivitesinin önemli ölçüde azaldığını belirtmişlerdir.

Alvarado ve ark. (2000) tarafından jipsli (alçıtaşı) topraklarda gelişen 5 bitki türünün (*Gypsophila struthium*, *Helianthemum syriacum*, *Helianthemum squamatum*, *Helianthemum alypoides*, *Lepidium subulatum*) vejetasyon, çiçeklenme ve meyvelenme dönemlerindeki nitrat redüktaz ve nitrit redüktaz aktiviteleri, yaprakta biriktirilen bazı azot bileşenleri (nitrat, aminoasit, protein, organik azot), toplam kalsiyum değerleri ve popülasyon yoğunlukları ölçülmüştür. Araştırılan türler arasında en yüksek NR ve NiR aktivitesine ve prolin seviyesine sahip olan *L. subulatum*' un yaprak Ca miktarı ise oldukça düşük bulunmuştur. *L. subulatum* 'un tüm bu özellikleri ile bu türün o bölgedeki hâkimiyeti arasında önemli derecede ilişki bulunmuştur.

Black ve ark. (2002) sera ortamında yetiştirilen kavak ağacı (*Populus tremula L. x Populus alba L.*) fidelerinin farklı organlarındaki *in vivo* nitrat redüktaz aktivitesini araştırmışlardır. Yapraklarda gerçekleşen nitrat özümlemesinin bitkinin kök ve gövdesine kıyasla yüksek olduğu, en yüksek aktivitenin ise genç yapraklarda gerçekleştiği bildirilmiştir. Araştırmacılar fotoperiyot süresinin nitrat redüktaz aktivitesi üzerinde etkili olduğunu, kısa süreli fotoperiyotun (8 saat) aktiviteyi düşürdüğünü belirtmişlerdir.

Miller ve Bowman (2003) alpin bölgede gelişen kuru, nemli veya yaş çayırlar olmak üzere 3 farklı komünite tipinden örneklenen bazı otsu bitki türlerinin alabildikleri amonyum ve nitrat miktarlarını  $^{15}\text{N}$  ile, glisin içeriklerini ise  $^{13}\text{C}$  ile işaretli denemelerle araştırmışlardır. Tüm habitatlarda azotun en çok bulunan formunun amonyum olduğu, bu habitatların nitrat içeriğinin aminoasit konsantrasyonlarına yakın bir değere sahip olduğu ifade edilmiştir. Araştırma kapsamındaki tüm türlerin bu 3 azot formunu alabildiği fakat glisine kıyasla bazı türlerin nitrat ve amonyumu daha etkin bir şekilde kullanabildiği gösterilmiştir. Araştırmacılar incelenen türlerin toprakta bulunan aminoasiti absorblama yeteneklerinin olduğunu; tercih edilen azot formunun



komüniteler arasında ve aynı komünite tipinden alınan türler arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Cazetta ve Villela (2004) bir yem bitkisi olan *Brachiaria radicans* Napper türünün gövde ve yapraklarındaki nitrat redüktaz aktivitesini tayin etmişlerdir. Türün yapraklarında gövdedekinden daha yüksek nitrat redüktaz aktivitesi ölçülmüştür. Üre, NaNO<sub>3</sub> veya NH<sub>4</sub>Cl gübrelenmesinin bitkilerin nitrat redüktaz aktivitesi ve biyomasi üzerindeki etkileri karşılaştırılmış, en iyi büyümenin ve en yüksek nitrat bağlama kapasitesinin nitrat ile gübrelenmiş bitkilerde gerçekleştiği ortaya konulmuştur. Herhangi bir azot kaynağı olmadığında molibdenin nitrat redüktaz aktivitesini desteklediği, bir azot kaynağı ile beraber ortama verilen molibdenin ise bitkinin nitrat özümlemesini ve gelişimini sınırladığı bildirilmiştir.

Arslan ve Güteryüz (2005) tarafından Akdeniz Bölgesi'nde yayılış gösteren yumrulu, soğanlı veya rizomlu kök sistemine sahip 14 geofit bitki türünün (*Allium flavum*, *Allium guttatum*, *Allium scorodoprasum*, *Bellevalia sarmatica*, *Crocus chrysanthus*, *Fritillaria bithynica*, *Galanthus plicatus*, *Leucojum aestivum*, *Muscari neglectum*, *Ornithogalum nutans*, *Tulipa sylvestris*, *Anemone coronaria*, *Cyclamen coum* ve *Iris suaveolens*) nitrat redüktaz aktivitesi belirlenmiştir. Sonuçlar, nitratin ağırlıklı olarak indirgendiği bitki organının türe özgü olduğunu göstermekle beraber, en yüksek nitrat redüktaz aktivitesinin yumrulu ve çoğu soğanlı türün yapraklarında gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. Aynı alandan alınan farklı türlerin nitrat redüktaz aktivitesinin farklı olması, nitrat bağlama kapasitesinin aynı zamanda türe özgü bir modele sahip olduğunu göstermektedir.

Booth ve ark. (2006) tarafından Oregon (New Mexico) 'da bazı odunsu bitki komünitelerinin (ardıç, çam, baldıran, gürgen, kavak ve bodur ağaçlar) antropojenik olarak bozulan topraklarında azot dinamikleri araştırılmıştır. Farklı özelliklere sahip toprakların karıştırılmasına bağlı olarak bozulan alanlar, bozulmamış alanlara kıyasla daha yüksek bir net mineralizasyon ve nitrifikasyon hızına sahipken, bu toprakların brüt nitrat özümleme hızı düşük bulunmuştur. Bu durumun toprağın karıştırılmasına bağlı

olarak artan yüksek alınabilir amonyum içeriğinin nitrat redüktaz enziminin çalışmasını baskılanmasından kaynaklanmış olabileceği bildirilmiştir.

Koyama ve ark. (2008) bazı odunsu bitki türlerinin (*Quercus glauca*, *Acer palmatum*, *Zelkova serrata*) farklı evrelerdeki yaprak nitrat bağlama kapasitesini tayin etmişlerdir. Araştırma kapsamındaki türlerin yaprak nitrat redüktaz aktivitesinin yaprak büyüme hızıyla benzer bir model oluşturduğu bildirilmiştir. Büyümenin başında nitrat redüktaz aktivitesi düşükken, büyüme hızının artışıyla aktivite de artış göstermiş ve yaz aylarında aktivitenin tekrar düştüğü gözlenmiştir. *Q. glauca*, *A. palmatum*, *Z. serrata* türlerinin azot kaynağı olarak nitratı etkin bir şekilde kullanabildiği, yaprağın büyüme periyodunun nitrat özümleme kapasitesini etkileyen önemli bir faktör olduğu ortaya konulmuştur.

Nicodemus ve ark. (2008) bir yıl boyunca farklı azot tipleri ile gübrelenen karaceviz (*Juglans nigra* L.) fidelerinde nitrat redüktaz aktivitesini tayin edilmiştir. Araştırma sonucu elde edilen veriler bu türün nitrat özümleme kapasitesinin azot tipine ve verilen azotun konsantrasyonuna bağlı olarak değiştiğini göstermiştir.  $\text{NO}_3$  ve  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  ile gübrelenen fidelerin yaprak nitrat redüktaz aktivitesi, sadece  $\text{NH}_4$  ile gübrelenenlere kıyasla yüksek bulunmuştur. Her iki inorganik azot formunun varlığında ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) maksimum verimlilik sergileyen *J. Nigra* türünün ksilem özsuyunda aminoasit içeriği yüksek bulunmuş fakat nitrat içeriğinde önemli bir değişim görülmemiştir. Araştırmacılar bu durumun kökler tarafından alınan nitratın hemen köklerde asimile edilmesinden veya vakuollerde depolanmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Natali ve ark. (2009), yüksek karbondioksit seviyelerinin ve azot gübrelemesinin, Amerika' daki iki ılıman ormanda gelişen *Liquidambar styraciflua* (sığla ağacı) ve *Pinus taeda*' nın yapraklarındaki nitrat redüktaz aktivitesine etkilerini araştırmışlardır.  $\text{CO}_2$  ve N muamelesiyle 1 yaşındaki *P. taeda*' nın yapraklarında nitrat redüktaz aktivitesinin azaldığı, *L. styraciflua*' nın yapraklarındaki nitrat redüktaz aktivitesinin ise etkilenmediği ortaya konulmuştur. Araştırmacılar artan N ve  $\text{CO}_2$  miktarının, toprağın alınabilir molibden içeriğini değiştirmek suretiyle toprak ve bitki N

dinamiklerini etkilediğini; nitrat redüktaz aktivitesi üzerindeki etkilerinin ise türe özgü olarak değiştiğini bildirmişlerdir.

Ueda ve ark. (2009) *Phyllostachys pubescens* fidelerinin farklı organlarındaki nitrat redüktaz aktivitesini araştırmışlardır. Moso bambu bitkisinin tüm organlarında nitrat redüktaz aktivitesinin görüldüğü, özellikle genç sürgün ( $2,25 \mu\text{mol g}^{-1}_{\text{KM}} \text{h}^{-1}$ ) ve genç yaprakların ( $3,20 \mu\text{mol g}^{-1}_{\text{KM}} \text{h}^{-1}$ ) nitrat özümleme kapasitesinin yüksek olduğu bildirilmiştir.

Arslan ve ark. (2009), Akdeniz bitki örtüsünün egemen olduğu alanlardan toplanan 14 çalı türünün (*Arbutus unedo* L., *Paliurus spina-christi* Miller, *Pistacia terebinthus* L., *Quercus cerris* L., *Q. coccifera* L., *Q. robur* L., *Q. troana* T.B. Webb., *Jasminum fruticans* L., *Phillyrea latifolia* L., *Olea europeae* L. *Cistus creticus*, *C. laurifolius*, *Pyrus amygdaliformis*, *Ailanthus altissima* Miller) yaprak, genç sürgün ve üreme organlarındaki nitrat redüktaz aktivitesi ölçülmüştür. Araştırılan türlerin çoğunda yaprağın nitrat bağlama kapasitesi yüksek bulunmasına karşın, nitratin çoğunlukla indirgendiği bitki kısımlarının türe özgü olarak değiştiği ortaya konulmuştur.

Hu ve ark. (2010) Çin' in kuzeydoğusunda yayılış gösteren Karaçam (*Larix gmelinii*) topluluğuna ait olan ve 6 yıl boyunca amonyum nitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) ile gübrelenen topraklarda çeşitli toprak parametrelerini araştırmışlardır. Artan nitrat içeriğine ve nitrifikasyon hızına bağlı olarak toprak pH 'ının ve toplam fosfor (P) içeriğinin düştüğü; toplam azot, organik madde ve amonyum miktarının ise önemli ölçüde değişmediği gösterilmiştir. Artan azot içeriğinin topraklarda tayin edilen çeşitli enzim aktivitelere etkisi de araştırılmış, üreaz ve proteaz aktivitesinin düştüğü,  $\beta$ -glukosidaz, asit fosfomonoesteraz ve nitrat redüktaz aktivitesinin değişmediği ortaya konulmuştur. Bu durumun mikrobiyal biyomasın azalmasından, toplam azot ve organik madde miktarının ise değişmemesinden kaynaklanmış olabileceğini belirten araştırmacılar orta süreli azot gübrelenmesinin ılıman orman ekosistemlerinde toprak kalitesini düşürdüğünü ileri sürmüşlerdir.

Horchani ve ark. (2010) tarafından beslenme ortamına nitrat veya amonyum ilave edilen domates (*Solanum lycopersicum* L. cv. Rio Grande) bitkisinin azot metabolizmasında rol oynayan enzimleri (NR, NiR, GS, GOGAT, GDH) araştırılmıştır. Amonyum ile beslenen domates bitkisinin daha iyi bir büyüme sergilediği, fotosentez aktivitesinin, toplam klorofil ve karbonhidrat konsantrasyonunun yüksek olduğu bildirilmiştir. *S. lycopersicum* türünde nitrat özümlemesinin çoğunlukla köklerde gerçekleştiği, nitrat varlığında gelişen bitkilerin amonyumlu ortamda yetiştirilenlere kıyasla yüksek bir kök ve yaprak nitrat redüktaz aktivitesine sahip olduğu, fakat bu aktivitenin nitrat konsantrasyonlarıyla paralellik göstermediği ortaya konulmuştur. Araştırmacılar amonyumlu ortamda yüksek GS ve GDH aktivitesine sahip bu türün amonyumun toksik etkilerine karşı toleransını arttırdığını bildirmişlerdir.

Sakar ve ark. (2010) tarafından çiriş otunun (*Asphodelus aestivus* Brot.) farklı kısımlarındaki (yaprak, çiçek, çiçek durumu sapı ve yumru kök) nitrat bağlama kapasitesi 1 yıl boyunca ölçülmüştür. En yüksek nitrat redüktaz aktivitesinin türün yapraklarında ve kış aylarında (Aralık, Ocak, Şubat) gerçekleştiği, fakat üreme organları da dahil olmak üzere diğer bitki kısımlarının da nitrat özümlemesine katkı sağlayarak bu türün bozulmuş alanlarda hakim olabilme yeteneğini artırdığı ortaya konulmuştur.

Yang ve ark. (2010) nitrat stresinin salatalık (*Cucumis sativus* L. cv. Xintaimici) fidelerinin *in vivo* ve *in vitro* nitrat redüktaz aktivitesine etkisini araştırmışlardır. Kontrol grubuyla karşılaştırıldığında 12. gün sonunda  $140 \text{ mmol L}^{-1}$  nitrat uygulanmış köklerin *in vivo* NR aktivitesinin %20,1 oranında, nitrat uygulanmış yaprakların aktivitesinin ise % 52,8 oranında azaldığı bildirilmiştir. Nitrat stresine maruz kalmamış bitkilere kıyasla köklerin *in vitro* nitrat redüktaz aktivitesi yüksek, yaprakları ise düşük bulunmuştur. Araştırmacılar tarafından bitkinin *in vivo* ve *in vitro* nitrat redüktaz aktivitesinin nitrat stresine karşı farklı cevaplar verdiği, nitrat redüktaz enziminin posttranslasyonel aktivasyonunun nitrat stresi ile önemli ölçüde inhibe olabileceği gösterilmiştir.

Dias ve ark. (2011a) alınabilir inorganik N miktarının tür çeşitliliği ve bitki komüniteleri üzerindeki etkilerinin araştırmak amacıyla arazi koşullarında kontrollü bir

deneme gerçekleştirmiştir. Bu bağlamda farklı miktarlardaki amonyum nitrat ile gübrelenen örneklik alanların ihtiva ettiği türler ve birey sayıları 1 yıl sonra kaydedilmiştir. Mevcut türlerin örtülülük oranının artması veya tür kompozisyonunun farklılaşması suretiyle bitki komünitelerinin değiştiği ortaya konulmuştur. Araştırma sonucunda bir önceki yıla göre tür sayısının kontrol grubunda azaldığı, 40 kg ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup> inorganik azot (nitrat ve amonyum nitrat) ile gübrelenen alanlarda önemli ölçüde değişmediği, 80 kg ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup> amonyum nitrat ile gübrelenen alanlarda ise ~ %30 oranında arttığı bildirilmiştir. Araştırmacılar *Dittrichia viscosa* türünün ekolojik araştırmalarda azot varlığının indikatörü olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Kontrollü şartlarda yetiştirilen *Pinus tabuliformis*, *Pinus yunnannensis* ve bu iki türden oluşmuş doğal bir hibrit olan *Pinus denseta* fidelerinin fotosentetik özellikleri, yaprak azot içerikleri ve azot kullanım yetenekleri arasındaki ilişki belirlenerek bu türlerin tercih ettikleri azot tipi (amonyum veya nitrat) ve farklı azot ortamlarına gösterdikleri adaptasyonlar bir araştırma ile ortaya konulmuştur (Yao ve ark. 2011). Araştırma sonucunda bu üç çam fidelerinde net fotosentez miktarının ve nitrat redüktaz aktivitesinin büyüme ortamındaki (perlit kültürü) azot tipine, büyüme ortamının pH na ve türe bağlı olarak değiştiği ortaya konulmuştur. Nitrat içeren besin çözeltilisinde yetiştirilen *P. denseta* fidelerinin nitrat redüktaz aktivitesi, amonyumlu ortamda yetiştirilenlere göre önemli ölçüde yüksek bulunmuş, besin ortamına amonyumla birlikte CaCO<sub>3</sub> eklemek *P. tabuliformis* ve *P. yunnannensis* fidelerinin kök ve sürgünlerindeki nitrat redüktaz aktivitesini artırırken, *P. denseta*'nın köklerinde nitrat redüktaz aktivitesi belirlenememiştir.

De Bona ve ark. (2011) kükürt eksikliğinin nitrat özümlemesi üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla arpa (*Hordeum vulgare* L. cv. Barke) bitkisinin kullanıldığı bir araştırma gerçekleştirmiştir. Besin çözeltilisine farklı tipte azot (nitrat veya üre) ve farklı konsantrasyonda kükürt (0, 15 veya 30 mg kg<sup>-1</sup>) verilerek yetiştirilen arpa bitkilerinin yapraklarında yüksek oranda nitrat biriktirmelerine rağmen, kükürt yokluğunda nitrat redüktaz aktivitesinin inhibe olduğu, nitrit redüktaz aktivitesinin ise önemli ölçüde etkilenmediği ortaya konulmuştur. Araştırmacılar alternatif azot kaynağı

olarak üre verilmesinin bitkilerin azot özümleme kapasitelerine kayda değer bir avantaj sağlamadığını fakat aşırı miktarda asparjin birikimini önlediğini bildirmişlerdir.

Dias ve ark. (2011b), farklı fonksiyonel bitki gruplarının toprağın azot durumundaki değişimlere gösterdiği tepkileri araştırmak amacıyla altı maki türünün (her dem yeşil sklerofiller: *Olea europaea*, *Arbutus unedo* ve *Quercus coccifera*; yazın yarı yaprak döken türler: *Cistus albidus*, *Cistus salvifolius* ve *Rosmarinus officinalis*) yapraklarındaki *in vivo* ve *in vitro* nitrat redüktaz aktiviteleri, nitrat içerikleri ile topraklarındaki inorganik azot miktarlarını tayin etmişlerdir. İki fonksiyonel bitki grubunda ölçülen nitrat redüktaz aktivitesi gün boyunca ve yıl boyunca farklılık göstermiş, aynı zamansal modele sahip olmalarına rağmen *in vitro* nitrat redüktaz aktivitesi ve *in vivo* nitrat redüktaz aktivitesinden daha yüksek bulunmuştur. Topraklarındaki alınabilir nitrat miktarı yüksek olmasına rağmen, yazın yarı yaprak döken türlerin nitrat redüktaz aktivitesinin, her dem yeşil sklerofillerden önemli derecede düşük olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar bitkinin türü, ait olduğu fonksiyonel grup ve yılın hangi zaman diliminde bulunduğu dikkate alınmak suretiyle, ekolojik araştırmalarda nitrat redüktaz aktivitesinin nitrat kaynağının bir göstergesi olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Yu ve Zhang (2012) tarafından bitkilerde nitrat redüktaz ve glutamin sentetaz aktivitesi ile siyanür metabolizması arasındaki ilişkiyi ortaya koymak amacıyla;  $KNO_3$ ,  $NH_4Cl$  ve toksik olmayan seviyelerde KCN içeren farklı besin çözeltilerinde yetiştirdikleri pirinç (*Oryza sativa* L. cv. XZX 45) fidelerinin NR ve GS aktiviteleri ile toplam siyanür içerikleri araştırılmıştır. Fidelerde uygulanan siyanür miktarına bağlı olarak bünyeye alınan siyanür yüzdesinin arttığı fakat büyük bir kısmının kök ve sürgünlerde biriktirilmeden hızla indirgendiği belirlenmiştir. KCN ile birlikte amonyum içeren besin ortamında yetiştirilen fidelerin, nitrat içeren ortamda yetiştirilenlere göre daha iyi bir büyüme sergilediği bildirilmiştir. KCN uygulamasının fidelerin kök ve sürgünlerindeki GS aktivitelerini etkilemezken, NR aktivitelerini önemli ölçüde azalttığı ortaya konulmuştur. Araştırmacılar tarafından belli konsantrasyondaki siyanürün azot kaynağı olarak bitkilerce kullanılabileceği ileri sürülmüştür.

Tang ve ark. (2012) Amerika' nın kuzeydoğu ormanlarında yayılış gösteren bazı ağaç türlerinin (*Betula alleghaniensis*, *Betula lenta*, *Betula papyrifera*, *Quercus spp.*, *Acer rubrum*, *Fagus grandifolia*, *Acer saccharum*, *Tsuga canadensis*) kök ve yapraklarındaki nitrat redüktaz aktivitesini ve azot gübrelemesinden sonra bu aktivitenin nasıl değiştiğini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda yaprakların köklerden daha yüksek bir nitrat bağlama kapasitesine sahip olduğu, NR aktivitesinin en yüksek *B. papyrifera* yapraklarında ( $0,52 \mu\text{mol NO}_2^- \text{ g}^{-1}_{\text{KM}} \text{ h}^{-1}$ ) ölçüldüğü, türler arasında kök NR aktivitesi bakımından önemli bir fark bulunmadığı gösterilmiştir. Araştırılan türlerin antropojenik azot birikiminden etkilenmediği, gübrelemenin türlerin yaprak nitrat redüktaz aktivitesini değiştirmedeği ortaya konulmuştur.

Piwpuan ve ark. (2013) nemli veya sucul habitatları tercih eden *Cyperius Laevigatus* ve *Phormium tenax* türlerinin azot beslenme özelliklerini araştırmışlardır. Bu türlerin azot kaynağı olarak her iki azot formunu da etkin bir şekilde kullanabilmelerine rağmen öncelikli olarak amonyumu tercih ettiklerini göstermişlerdir. Nitrat ile beslendiklerinde türlerin kök ve yapraklarında nitrat redüktaz aktivitesinin belirlenebilir düzeyde olduğu, bitki dokularında biriken amonyumunun her iki türde de nitrat redüktaz aktivitesini düşürdüğü ortaya konulmuştur. Elde edilen sonuçlar *C. Laevigatus* türünün azot kullanım etkenliğine bağlı olarak daha yüksek bir büyüme hızına sahip olduğunu ve amonyum içeriği yüksek topraklara iyi adapta olduğunu göstermiştir.

Hidroponik yöntemle yetiştirilen ak yumak (*Crambe abyssinica*) bitkisinin kök, gövde ve yapraklarındaki nitrat redüktaz aktivitesi, toplam azot, fosfor ve potasyum içeriği farklı konsantrasyonlarda nitrat (1, 2.5, 5 ve 7.5 mM) uygulanmış bitkilerde tayin edilmiştir (de Brito ve ark. 2013). Araştırmacılara göre uygulanan nitrat konsantrasyonuyla beraber gövdedeki nitrat içeriğinin artması, nitratın ak yumak bitkisinin gövdesinde depolandığını göstermektedir. Tüm konsantrasyonlarda en yüksek nitrat redüktaz aktivitesinin bitkinin yapraklarında gerçekleştiği, bitkilere 7,5 mM nitrat verildiğinde nitrat redüktaz aktivitesinin ve toplam azot içeriğinin önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir. Araştırma sonucunda potasyum seviyelerinin bitkilere uygulanan

nitrat miktarıyla ilişkili olarak değişmediğini, 1 mM nitrat verilen bitkilerin yüksek potasyum ve düşük fosfor içeriğine sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Koyama ve ark. (2013) tarafından yamaç gradiyenti boyunca yayılış gösteren bazı ormanaltı bitki türlerinin (*Leucosceptrum stellipilum*, *Hydrangea hirta*, *Pieris Japonica* ve *Lindera triloba*) azot kullanım özellikleri ile buldukları toprakların net ve brüt nitrifikasyon oranları tayin edilmiştir. *P. Japonica* dışındaki tüm türlerin azot kaynağı olarak nitratı tercih ettiği, en yüksek nitrat redüktaz aktivitesinin *L. stellipilum* türünün yapraklarında belirlendiği ortaya konulmuş, *P. Japonica* türünün yapraklarında ise nitrat redüktaz aktivitesi belirlenememiştir. Yamacın aşağı kısımlarında net ve brüt nitrifikasyon oranı yüksek, yukarı kısımlarında ise düşük bulunmuştur. Araştırmacılar türlerin dağılımı ile yamaç gradiyenti boyunca değişen nitrifikasyon oranları arasında ilişki olduğunu; alınabilir nitrat içeriğinin, doğal koşullar altında bitkilerin dağılımını etkileyen önemli bir çevresel faktör olduğunu bildirmişlerdir.

Xie ve ark. (2014) kısa süreli glufosinat herbisitine maruz kalan *Phaeodactylum tricornutum*' un azot özümleme kapasitelerini ve bu toksisiteye karşı geliştirdikleri mekanizmaları moleküler düzeyde araştırmışlardır. Bu herbisit *P. tricornutum*' un NR aktivitesini etkilemezken GS aktivitesini önemli ölçüde etkilediği ortaya konulmuştur. Araştırma sonucu elde edilen veriler NR enziminin daha çok oksidoredüksiyon, GS enziminin ise fosforilasyon metabolizmasıyla ilişkili olduğunu göstermektedir.

Cott ve ark. (2014) torflu veya torflu olmayan tuzlu bataklıklarda yayılış gösteren 4 halofit bitki türünün (*Armeria maritima*, *Aster tripolium*, *Plantago maritima* ve *Triglochin maritima*) kök ve sürgünlerindeki azot metabolizması enzimlerini (glutamin sentetaz, glutamat sentaz, glutamat dehidrojenaz ve nitrat redüktaz) tayin etmişlerdir. Alınabilir amonyum içeriği yüksek habitatlarda türlerin nitrat redüktaz aktivitesinin azaldığı, araştırma kapsamındaki tüm türlerin azot metabolizması enzimlerinin, bitkilerin bulunduğu ortamın elverişli azot miktarına ve/ veya tipine bağlı olarak farklılık gösterdiği bildirilmiştir.



Pinto ve ark. (2014) tarafından 3 farklı toprak tipinde sera koşullarında yetiştirilen marul (*Lactuca sativa*) bitkisinin yapraklarında nitrat redüktaz ve glutamin sentetaz aktivitesi ile azot içeriğinin zamansal değişimi araştırılmıştır. 2, 4, 6, 8 ve 10 haftalık bitkilerin büyüme periyodu süresince nitrat redüktaz aktivitesi azalırken, glutamin sentetaz aktivitesinde, nitrat, amonyum ve Kjeldal-N (nitrat ve nitrit dışındaki diğer azot formları) içeriğinde artış gözlenmiştir. Araştırmacılar nitrat redüktaz aktivitesinin bitkilerde yaprak büyüme hızı maksimum seviyedeysen daha yüksek olduğunu, tamamen büyümüş yapraklarda ise bu enzim aktivitesinin azaldığını bildirmişlerdir.

### 3. MATERYAL ve METOT

#### 3.1. Araştırma Alanının Genel Durumu

Çalışma, Bursa şehrinin yaklaşık 20 km batısındaki Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü' nde yürütülmüştür. *Quercus robur* L. subsp. *robur* vejetasyonun hakim olduğu çalışma alanı, Üniversite kurulmadan önce tarımsal faaliyetler sebebiyle antropojenik baskı altında olup, Uludağ Üniversitesi Kampüsü' nün kurulmasıyla birlikte bu meşe vejetasyonundaki ağaçların bir kısmı kesilerek yeni alanlar açılmış; tarımsal alanlar da *Pinus pinea* ve *Pinus brutia*' dan oluşan plantasyon alanlarına dönüştürülmüştür. *Pinus* plantasyonunda en çok karşılaşılan türler *Lamium purpureum* L. var. *aznavourii* Gard. Ex Aznov., *Stachys tmolea*, *Orhithogalum wiedemannii* Boiss., *Ornithogalum sigmoideum* Freyn et Sint., *Crocus chrysanthus* (Herbert) Herbert ve *Dorychnium pentaphyllum* Scop. subsp. *herbaceum* (Vill) Rouy. iken; meşe ormanlarında *Quercus infectoria* Olivier subsp. *infectoria*, *Quercus pubescens* Willd., *Crateagus monogyna* Jacq. subsp. *monogyna*, *Pyrus eleagnifolia* Pallas subsp. *eleagnifolia*, *Thymus tharicicus* Velen var. *longidens* (Velen) Jalas, *Cistus creticus* L., *Asparagus acutifolius* L., *Capsella-bursa pastoris* L. (Medik), *Lathyrus nissolia* L., *Alyssum hirsutum* Bieb., *Hypericum perforatum* L., *Eryngium campestral* L. var. *virens* Link., *Veronica persica* Poiret., ve *Scolymus hispanicus* L. gibi türler hakimdir (Tarımcılar 1992).

Uludağ üniversitesi kampüs alanında yer alan bozulmuş alanlardan 5 örneklik alan (A, B, C, D ve E) belirlenmiştir. A alanı Ziraat Fakültesi' ne ait deneme tarlalarının çevresinden; B alanı *P. brutia* plantasyonu çevresindeki yol kenarlarından; C alanı kampüs girişinden; D alanı yeni yapılan bina inşaatının çevresinden; E alanı da kampüs çevresindeki yol kenarlarından seçilmiştir. A alanında gübreleme ve sulama faaliyetleri yoğun bir şekilde yapılmakta olup, bu tarla kenarına yerleşen bitki türlerinin çoğu 2013 yılı Temmuz- Ağustos aylarında alınmıştır. B ve E alanlarında yayılış gösteren türler çevre düzenlemesi amacıyla her yıl bahar aylarında biçilmektedir. C alanındaki doğal vejetasyon, 2013 yılında üniversite kampüsünü Bursa-İzmir yoluna bağlamak için yapılan yeni bağlantı yolları sonucu tahrip edilmiştir. 2014 yılında ise bu alanda

çoğunlukla çevre düzenlemesi ve inşaat çalışmaları yapılmıştır. 2013 yılında yeni yerleşim alanlarının açılması sonucu bozulan D alanında çoğunlukla açık alanlar hakim iken; 2014 yılında bu alanda yeni türlerin gelip yerleşmesiyle doğal süksesyon başlamıştır.

### **3.2. Nitrat Redüktaz Aktivitesi Araştırılan Türler**

Araştırma materyalini Uludağ Üniversitesi Kampüs çevresinden alınan 27 familyaya ait (Amaranthaceae, Apiaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Boraginaceae, Chenopodiaceae, Convolvulaceae, Cucurbitaceae, Dipsacaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Gentianaceae, Geraniaceae, Hypericaceae, Iridaceae, Lamiaceae, Liliaceae, Malvaceae, Papaveraceae, Plantaginaceae, Poaceae, Portulacaceae, Ranunculaceae, Scrophulariaceae, Solonaceae, Urticaceae, Zygophyllaceae) 54 bitki türü oluşturmuştur. Araştırma kapsamındaki bitki türleri, familyaları ve örneklendikleri alanlar Çizelge 3.1' de verilmiştir.

### **3.3. Bitki ve Toprak Örneklerinin Alınması**

Bitki örnekleri Uludağ Üniversitesi (Görükle, Bursa) Kampüsü' nden seçilen 12 örneklilik alandan toplanmıştır. Tüm bitki türleri Haziran 2013 ile Eylül 2014 yılları arasında çiçeklenme dönemlerinde örneklendirilmiştir. Bitkilerin tüm toprakaltı ve topraküstü kısımları saat 09:00 ile 11:00 saatleri arasında alınmıştır. Her bitki örneğinin kök çevresinden alınan yaklaşık 200 - 300 gr toprak örneği 4 mm' lik standart çelik elekten geçirilerek, hem toprağın taş ve bitki kısımlarından ayrılması sağlanmış, hem de toprak partikülleri standart hale getirilmiştir. Bitki ve toprak örnekleri naylon torbalara konularak, çeşitli analizler için mümkün olan en kısa sürede laboratuara getirilmiştir.

Laboratuvara getirilen toprak örnekleri analizlere kadar +4°C' de buzdolabında saklanmıştır. Bitki örnekleri ise önce çeşme suyu ile daha sonra distile su ile yıkandıktan sonra nemleri alınarak analize hazır hale getirilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Nitrat Redüktaz Aktivitesi (NRA) araştırılan türler, familyaları ve örneklendikleri alanlar

Alan	Familya	Tür
A	Amaranthaceae	<i>Amaranthus cholostahys</i> Willd.
	Chenopodiaceae	<i>Chenopodium album</i> L. subsp. <i>album</i> var. <i>album</i>
	Asteraceae	<i>Cirsium creticum</i> (Lam.) d'Urv. subsp. <i>creticum</i>
	Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L.
	Cucurbitaceae	<i>Ecballium elaterium</i> (L.) A. Rich.
	Apiaceae	<i>Ferula communis</i> L. subsp. <i>communis</i>
	Lamiaceae	<i>Mentha spicata</i> L. subsp. <i>tomentosa</i> (Briq.) Harley
	Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.
	Asteraceae	<i>Xanthium strumarium</i> L. subsp. <i>cavanillesii</i> (Schouw) D.Loveet Dansereau
B	Liliaceae	<i>Allium scorodoprasum</i> L. subsp. <i>rotundum</i> (L.) Stearn
	Brassicaceae	<i>Calepina irregularis</i> (Asso) Thellung
	Asteraceae	<i>Centaurea solstitialis</i> L. subsp. <i>solstitialis</i>
	Gentianaceae	<i>Centaureum erythraea</i> Rafn. subsp. <i>rumelicum</i> (Vellen.) Melderis
	Chenopodiaceae	<i>Chenopodium botrys</i> L.
	Asteraceae	<i>Cichorium inthybus</i> L.
	Asteraceae	<i>Crepis zacintha</i> (L.) Babcock
	Apiaceae	<i>Echinophora</i> sp.
	Asteraceae	<i>Echinops viscosus</i> D.C. subsp. <i>bithynicus</i> (Boiss.) Rech. fil.
	Iridaceae	<i>Gladiolus italicus</i> Miller
	Liliaceae	<i>Ornithopus compressus</i> L.
	Ranunculaceae	<i>Ranunculus constantinopolitanus</i> (D.C.) d'Urv.
	Dipsacaceae	<i>Scabiosa columbaria</i> L. subsp. <i>columbariavar. columbaria</i>
	Apiaceae	<i>Seseli campestra</i> Besser
	Asteraceae	<i>Solidago virgaurea</i> L. subsp. <i>virgaurea</i>
	Asteraceae	<i>Tragopogon longirostis</i> Bisch.ex Schultz var. <i>longirostris</i>
	Fabaceae	<i>Trifolium resupinatum</i> L. var. <i>microcephalum</i> Zoh.
Urticaceae	<i>Urtica dioica</i> L.	
Asteraceae	<i>Xeranthemum cylindraceum</i> Sm.	
C	Boraginaceae	<i>Anchusa azurea</i> Miller var. <i>azurea</i>
	Solonaceae	<i>Datura stramonium</i> L.
	Fabaceae	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Desr.
	Papaveraceae	<i>Papaver rhoeas</i> L.
	Lamiaceae	<i>Stachys byzantina</i> C. Koch.
	Zygophyllaceae	<i>Tribulus terrestris</i> L.
	Fabaceae	<i>Vicia</i> sp.
D	Asteraceae	<i>Anthemis altissima</i> L.
	Asteraceae	<i>Anthemis tinctoria</i> L. subsp. <i>tinctoria</i>
	Poaceae	<i>Bromus sterilis</i> L.
	Boraginaceae	<i>Echium angustifolium</i> Miller
	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia helioscopia</i> L.
Geraniaceae	<i>Geranium asphodeloides</i> Burm subsp. <i>asphodeloides</i>	

**Çizelge 3.1.** Nitrat Redüktaz Aktivitesi (NRA) araştırılan türler, familyaları ve örneklendikleri alanlar (devam)

Alan	Familya	Tür
D	Geraniaceae	<i>Geranium purpureum</i> Vill.
	Hypericaceae	<i>Hypericum confertum</i> Choisy subsp. <i>confertum</i>
	Fabaceae	<i>Ornithogalum pyrenaicum</i> L.
	Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i> L.
	Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.
E	Malvaceae	<i>Alcea setosa</i> (Boiss.) Alef.
	Chenopodiaceae	<i>Chenopodium murale</i> L.
	Lamiaceae	<i>Lamium purpureum</i> L. var. <i>aznavourii</i> Gard ex Aznov.
	Malvaceae	<i>Lavatera arborea</i> L.
	Ranunculaceae	<i>Ranunculus ficaria</i> L. subsp. <i>ficariformis</i> Rouy et Fouc.
	Asteraceae	<i>Scolymus hispanicus</i> L.
	Brassicaceae	<i>Sinapis arvensis</i> L.
	Scrophulariaceae	<i>Veronica persica</i> Poiret.

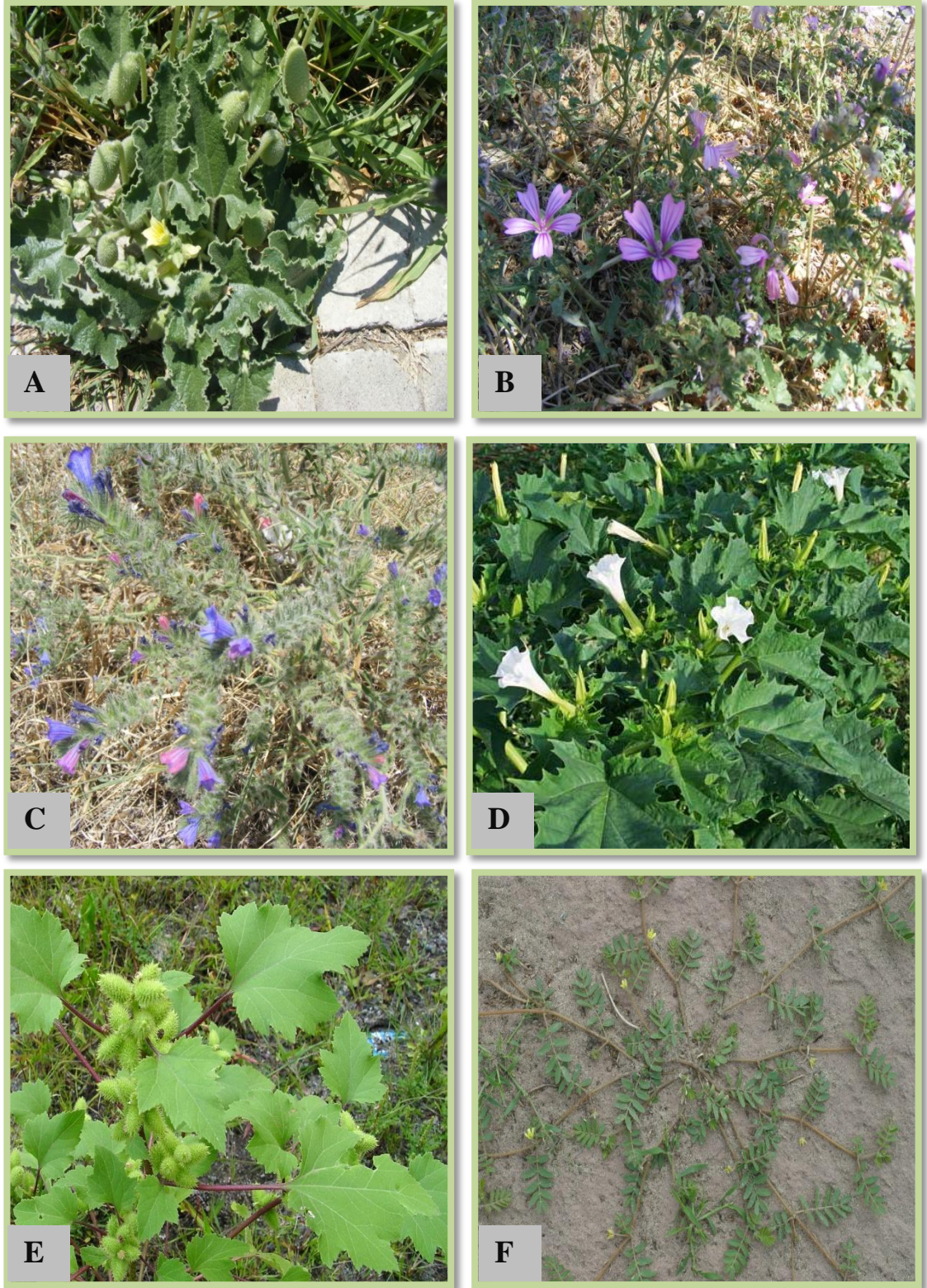
### 3.4. Bitki Örneklerinde Nitrat Redüktaz Aktivitesinin (NRA) Tayini

NRA testi, inkübasyon ortamında bırakılan bitkisel materyal tarafından üretilen nitritin spektrofotometrik olarak ölçülmesine dayanan, Hageman ve Hucklesby (1971) ile Jaworsky (1971) tarafından geliştirilip, Gebauer ve ark. (1984) tarafından değiştirilen bir *in vivo* yöntemdir.

Nitrat redüktaz testi iki aşamada yürütülmüştür. İlk aşamada distile su ile yıkanıp çeşitli kompartmanlarına (kök, yaprak, gövde, çiçek, meyve, yaprak sapı) ayrılan bitki örneklerinden ~ 5- 10 mm'lik parçalar kesilmiş ve inkübasyon plağına monte edilen koyu renkli şişeler içerisine konulmuştur. Bu şişeler 0,08 M KNO<sub>3</sub>, 0,25 M KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> ve % 1,5' luk n-propanol içeren ve KOH ile pH'ı 7,5 a ayarlanan 5 ml inkübasyon tamponu ihtiva etmektedir. Oksijensiz bir ortam sağlamak için inkübasyon plağına vakumlama işlemi uygulanmış ve daha sonra ortama azot gazı (N<sub>2</sub>) verilmiştir. İki defa tekrarlanan bu işlemden sonra plak 30°C ye ayarlı su banyosunda hafif salınımla, karanlıkta ve 2 saat süre ile inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sırasında tampon çözelti içerisinde bulunan n-propanol ile serbest kalan nitrat redüktaz enzimi, ortamdaki nitratı nitrite dönüştürmektedir.



**Şekil 3.1.** Nitrat redüktaz aktivitesi araştırılan bazı türler (A: *Echinops viscosus*, B: *Amaranthus cholostahys*, C: *Lamium purpureum*, D: *Sinapis arvensis*, E: *Chenopodium murale*, F: *Melilotus officinalis*)



**Şekil 3.2.** Nitrat redüktaz aktivitesi araştırılan bazı türler (A: *Ecballium elaterium*, B: *Lavatera arborea*, C: *Echium angustifolium*, D: *Datura stramonium*, E: *Xanthium strumarium*, F: *Tribulus terrestris*)

NRA testinin ikinci aşamasında tampon çözelti içerisindeki nitrit miktarı tayin edilmiştir. Bu amaçla şişeler inkübasyon süresini tamamlamalarının ardından su banyosundan çıkarılmıştır. 0,4 ml distile su ve nitrit ile reaksiyona girerek pembe renk veren 0,6 ml % 0,1' lik  $\alpha$ - naftiletilen diamin ve % 5' lik sülfanilamid karışımı içeren deney tüplerinin içerisine şişelerdeki tampon çözeltiden 1000  $\mu$ l veya 400  $\mu$ l konulmuştur. Tüm örnekler için aynı işlem tamamlandıktan sonra deney tüpleri 20 dakika boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Bu süre sonunda tüplerin içerisindeki nitritin absorpsiyon değeri (Y), 540 nm dalga boyuna getirilerek içerisinde bitki materyali bulunmayan kör (blank) ile sıfırlanan spektrofotometrede kolorometrik olarak ölçülmüştür.

Su banyosundan çıkarılan şişeler, spektrofotometrede okuma işlemi tamamlandıktan sonra süzgeç yardımıyla süzülüp, içerisindeki bitki materyalleri küçük cam petrilere konulmuştur. Petriler içerisindeki bitki örnekleri ağırlıkları sabitleşinceye kadar (105 °C' de 24 saat) kurumaya bırakılmıştır. 24 saat sonunda bitki örnekleri tartılarak kuru ağırlıkları (KA) kaydedilmiştir.

NRA testi için inkübasyona konulan materyallerden geriye kalan bitki örneklerinin yaş ağırlığı da alınarak kese kâğıtları içerisine konulmuş ve ağırlıkları sabitleşinceye kadar kurumaya bırakılmıştır. Kese kâğıtları içerisindeki bu bitki örneklerinin de kuru ağırlıkları tartılarak kaydedilmiştir.

En az 9 farklı konsantrasyonda hazırlanmış  $\text{KNO}_2$  çözeltilerinin absorpsiyon değerleri spektrofotometre ile ölçülerek kalibrasyon eğrisi hazırlanmıştır. Kalibrasyon eğrisinden elde edilen  $Y = mx + b$  denklemi de kullanılarak, aşağıdaki formül (3.1) yardımıyla bitki örneklerinin NR aktivitesi  $\mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{KA saat}^{-1}$  olarak ifade edilmiştir (Sakar 2009):

$$\text{NRA} \left[ \frac{\mu\text{mol NO}_2}{\text{KA} \times h} \right] = \frac{(Y - b) \times 5}{m \times f \times h \times \text{KA}} \quad (3.1)$$



KA : Bitkisel kuru ağırlık

Y : İnkübasyon sonunda tampon çözelti içerisindeki nitritin spektrofotometrede 540 nm dalga boyunda ölçülen absorpsiyon değeri

b : Spektrofotometre cihazının sapma değeri

h : İnkübasyon süresi

m : Kalibrasyon eğrisinin eğimi

*f* : Faktör (İnkübasyon sonrasında tampon çözeltilerden alınan miktar, µl)

### 3.5. Toprağın nem tayini

Bitkilerin kök çevresinden alınan ve naylon torbalarda laboratuara getirilen taze toprak örneklerinin önce yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Belirli bir miktar (yaklaşık 10 g) toprak örneği tartılıp etüvde ağırlıkları sabitleninceye kadar (105 °C'de 24 saat) kurutulmuştur. Yaş ve kuru ağırlıkları arasındaki fark toprağın su içeriğini göstermektedir. Bu farkın kuru ağırlığa oranlanmasıyla toprak örneklerinin % nem oranları hesaplanmıştır.

### 3.6. Aktüel mineral azot tayini

Toprakta mineral azot tayininde mikrodestilasyon yöntemi (Gerlach 1973, Güleriyüz 1992) kullanılmıştır. Mineral azot tayini iki aşamadan oluşmakta; ilk aşamada topraktaki amonyum (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), ikinci aşamada da nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) tayini yapılmaktadır.

Nemli toprak örneklerinden 40 g tartılarak 500 ml' lik erlen mayer içine konulmuştur. Üzerine 100 ml % 1' lik KAl(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> çözeltisi ilave edildikten sonra düşey dönerli çalkalama cihazında 7 dakika/devir' de 30 dakika boyunca çalkalanmış ve Whatman 42 süzme kağıdı ile süzümüştür. Süzüntü içerisine mikrobiyal faaliyeti engellemek için bir miktar thymol kristali ilave edilerek mineral azot analizi yapılmaya kadar buzdolabında saklanmıştır. Elde edilen toprak süzüntüsünden 20'şer ml alınarak mikrokjeldahl cihazının iki ağızlı balonlarına konulmuş ve bu balonlar destilasyon cihazına yerleştirilmiştir. Süzüntünün bazikleşmesi için balonların içerisine yan kapakçıkları aracılığıyla 0,2 g MgO ilave edilmiştir. Daha sonra cihazın buhar

muslukları kapatılarak çözelti ortamına buhar gönderilmiş ve çözeltideki amonyumun amonyağa dönüşmesi, bunda soğutucudan geçerek içerisinde 200 µl karışık indikatör bulunan % 2' lik 5 ml borik asit içeren altlıklarda yeşil renkte amonyum borat olarak tutulması sağlanmıştır. Bu damıtma işlemine 100 ml' lik taksimatlı erlen mayerde 50 ml amonyum borat çözeltisi birikinceye kadar devam edilmiştir. Altlıkta biriken yeşil amonyum borat çözeltisi menekşe rene dönünceye kadar 0,005 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile geri titre edilerek amonyum (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) miktarı belirlenmiştir.

Bundan sonra soğutucu altına yine karışık indikatör ve H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> içeren ikinci bir altlık yerleştirilmiş ve yan kapakçıklar ile balondaki aynı çözeltiye 0,2 g metal tuzu (Devardas Reagnez: % 50 Cu, % 45 Al, % 5 Zn) konulmuş ve buhar muslukları kapatılarak bazikleşen bu ortamda NO<sub>2</sub><sup>-</sup> ve NO<sub>3</sub><sup>-</sup> formundaki azotun amonyağa dönüşmesi sağlanmıştır. Azot miktarına göre menekşeden yeşil rene dönüşen altlıktaki çözelti tekrar menekşe rene dönüşünce kadar 0,005 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> geri titre edilmiştir ve titrasyon sırasında harcanan miktardan hareketle aşağıdaki formül kullanılarak (3.2) mineral azot tayini hesaplamaları yapılmıştır (mgN<sub>min</sub>/100 g kuru toprak) (Öztürk ve ark. 1997).

$$X = A \times f \quad (3.2)$$

X:Mineral azot (mg N<sub>min</sub> / 100 g kuru toprak)

A:Titrasyonda harcanan 0,005 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (ml)

f :Faktör (Toprak örneklerinde su içeriğinin oransal miktarı dikkate alınarak hesaplanır.)

$$f = 1,225 \times S - K / K + 0,875$$

S:Nemli toprak ağırlığı

K:Kuru toprak ağırlığı

### 3.7. Toplam azot tayini

Toplam azot tayini için Kjeldal yaş yakma yöntemi kullanılmıştır. Yaş yakma sırasında organik ve inorganik yapıdaki azot bileşikleri sülfürik asit ile reaksiyona girmekte ve amonyum sülfat formuna dönüşmektedir.

Bu yöntemde hava kurusu toprak örneğinden 1 g tartılarak Kjeldahl balonuna konulmuş, üzerine 15 ml salisilik - sülfürik asit karışımı, 2 g sodyum tiyosülfat, 0,5 g selen metal karışımı (Se, CuSO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ilave edilmiştir. Toprak örnekleri beyazlaşmaya kadar yakıldıktan sonra, soğuyan balonların içeriği saf suyla yıkanarak süzölmüş ve hacmi 100 ml'ye tamamlanmıştır. Bu örnekten 20 ml alınıp destilasyon cihazı balonuna konulmuş ve üzerine 20 ml %33'lük NaOH ilave edilerek su buharı distilasyonu yapılmıştır. Açığa çıkan amonyak, indikatör ve borik asit içeren erlenmeyerde amonyum borat formunda tutulmuştur. Biriken amonyum borat 0,1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile geri titre edilmiş, titrasyon sırasında harcanan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> miktarı aşağıdaki formülde (3.3) yerine konularak örneklerin toplam azot içerikleri hesaplanmıştır (Öztürk ve ark.1997).

Bitki örneklerinin yapraklarında bulunan toplam azot miktarı da yaş yakma yöntemiyle tayin edilmiştir. Daha önce öğütölüp homojen hale getirilmiş kuru bitki örneklerinden yaklaşık 0,3 g tartılarak yukarıda bahsedilen yöntemle yakılmış ve bu örneklerin toplam N içeriği 'Behr S5' full otomatik buhar destilasyon cihazı ile belirlenmiştir.

$$\text{Toplam N (\%)} = \frac{a \times 0,14 \times d}{b} \quad (3.3)$$

a: Titrasyonda harcanan 0.1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (ml)

b: Yakılan toprak örneğinin ağırlığı (g)

d: Kjeldahl balonundaki çözeltinin bölünme faktörü (d=5)

### 3.8. Bulguların Değerlendirilmesi ve Uygulanan İstatistiksel Yöntemler

Topraklarındaki mineral (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N ve NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N) ve toplam N (%) değerlerine göre araştırılan bitki türlerinin alındıkları örneklik alanlar arasındaki ve NRA değerlerine göre türlerin organları arasındaki farklılık bir yönlü varyans analizine göre test edilmiştir. Ayrıca toprak nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N) içeriği ile yaprak NRA değerleri ve yaprak NRA değerleri ile yaprak toplam azotu (%) arasındaki korelasyonlar test edilmiştir.

Testler  $\alpha$ ; 0,05 anlamlılık düzeyinde Statistica Ver 6.0 StatSoft Inc. 1984-1995 paket programı kullanılarak bilgisayar ortamında yapılmıştır.

#### 4. BULGULAR

Bu çalışmada Uludağ Üniversitesi Kampüs'ünde yer alan bozulmuş alanlardan seçilen 5 örneklilik alana ait 54 bitki türünün topraklarındaki aktüel mineral azot ( $\text{mg N}_{\text{min}}/100$  g kuru toprak) ve toplam azot içerikleri (%) ile bu türlerin kök, gövde, yaprak, yaprak sapı, çiçek ve meyvelerindeki nitrat redüktaz aktivitesi (NRA) ve yapraklarındaki toplam azot içeriği (%) araştırılmıştır.

Türlerin topraklarındaki aktüel mineral azot ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$  ve  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ) ile toplam azot değerleri Çizelge 4.1' de verilmiştir. Toprakların nitrat içeriği  $0,35 \pm 0,03$  ile  $6,03 \pm 1,01$  mg/ 100 g kuru toprak arasında, amonyum içeriği ise  $0,60 \pm 0,05$  ile  $2,07 \pm 0,18$  mg/ 100 g kuru toprak arasında değişim göstermektedir. Aktüel  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  içeriği en yüksek *Tribulus terrestris* türünün topraklarında,  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  içeriği ise en yüksek *Centaurea solstitialis* türünün topraklarında bulunmuştur. Araştırma alanından alınan toprak örneklerinin toplam azot içerikleri %  $0,04 \pm 0,00$  (*Tribulus terrestris*) ile  $0,36 \pm 0,01$  (*Lamium purpureum*) arasında değişim göstermiştir.

**Çizelge 4.1.** Nitrat redüktaz aktivitesi (NRA) araştırılan her bir türün toprağındaki ortalama aktüel mineral ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$  ve  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ) ve toplam azot (%) değerleri (n=5)

	( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ) (mg/100 g kuru toprak)	( $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ) (mg/100 g kuru toprak)	Toplam N (%)
<i>Gladiolus italicus</i>	1,25 ± 0,15	0,69 ± 0,07	0,08 ± 0,01
<i>Allium scorodoprasum</i>	1,12 ± 0,18	0,55 ± 0,07	0,21 ± 0,04
<i>Ornithogalum pyrenaicum</i>	1,02 ± 0,14	0,51 ± 0,10	0,12 ± 0,01
<i>Bromus sterilis</i>	1,33 ± 0,08	0,57 ± 0,02	0,13 ± 0,01
<i>Seseli campestre</i>	1,68 ± 0,16	1,02 ± 0,10	0,11 ± 0,00
<i>Amaranthus cholostahys</i>	1,63 ± 0,12	2,34 ± 0,68	0,08 ± 0,01
<i>Ferula communis</i>	1,21 ± 0,14	1,14 ± 0,30	0,23 ± 0,01
<i>Echinophora</i> sp.	1,35 ± 0,09	0,54 ± 0,06	0,07 ± 0,01
<i>Anthemis altissima</i>	0,60 ± 0,05	0,73 ± 0,01	0,08 ± 0,01
<i>Anthemis tinctoria</i>	1,17 ± 0,08	0,70 ± 0,04	0,23 ± 0,01
<i>Centaurea solstitialis</i>	2,07 ± 0,18	1,72 ± 0,19	0,20 ± 0,01
<i>Cichorium inthybus</i>	1,17 ± 0,05	0,85 ± 0,08	0,14 ± 0,01
<i>Cirsium creticum</i>	0,87 ± 0,15	0,79 ± 0,18	0,30 ± 0,01
<i>Crepis zacintha</i>	1,72 ± 0,07	1,08 ± 0,05	0,09 ± 0,01
<i>Echinops viscosus</i>	1,40 ± 0,08	0,83 ± 0,06	0,24 ± 0,01

**Çizelge 4.1.** Nitrat redüktaz aktivitesi (NRA) araştırılan her bir türün toprağındaki ortalama aktüel mineral ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$  ve  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ) ve toplam azot (%) değerleri (n=5) (devam)

	( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ) (mg/100 g kuru toprak)	( $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ) (mg/100 g kuru toprak)	Toplam N (%)
<i>Scolymus hispanicus</i>	1,51 ± 0,10	1,20 ± 0,07	0,06 ± 0,00
<i>Solidago virgaurea</i>	1,48 ± 0,08	0,55 ± 0,05	0,03 ± 0,00
<i>Tragopagon longistris</i>	0,84 ± 0,10	0,76 ± 0,03	0,16 ± 0,00
<i>Xanthium strumarium</i>	1,62 ± 0,12	1,92 ± 0,16	0,09 ± 0,01
<i>Xeranthemum cylindraceum</i>	1,16 ± 0,06	0,62 ± 0,05	0,15 ± 0,00
<i>Echium angustifolium</i>	1,37 ± 0,09	1,01 ± 0,10	0,14 ± 0,01
<i>Anchusa azurea</i>	1,08 ± 0,09	0,59 ± 0,08	0,12 ± 0,01
<i>Calepina irregularis</i>	1,31 ± 0,08	0,68 ± 0,07	0,21 ± 0,01
<i>Raphanus raphanistrum</i>	1,10 ± 0,09	0,90 ± 0,11	0,12 ± 0,01
<i>Sinapis arvensis</i>	0,88 ± 0,04	0,63 ± 0,07	0,17 ± 0,01
<i>Chenopodium album</i>	1,47 ± 0,05	1,06 ± 0,06	0,08 ± 0,01
<i>Chenopodium botrys</i>	1,84 ± 0,05	2,04 ± 0,15	0,28 ± 0,04
<i>Chenopodium murale</i>	1,00 ± 0,16	0,56 ± 0,10	0,12 ± 0,01
<i>Convolvulus arvensis</i>	1,58 ± 0,05	2,44 ± 0,76	0,27 ± 0,01
<i>Ecbalium elaterium</i>	1,79 ± 0,32	1,86 ± 0,13	0,11 ± 0,04
<i>Scabiosa columbaria</i>	1,21 ± 0,08	0,81 ± 0,05	0,08 ± 0,01
<i>Euphorbia helioscopia</i>	0,96 ± 0,13	0,56 ± 0,09	0,09 ± 0,01
<i>Melilotus officinalis</i>	0,91 ± 0,07	0,64 ± 0,11	0,14 ± 0,01
<i>Ornithopus compressus</i>	1,10 ± 0,10	0,42 ± 0,05	0,14 ± 0,01
<i>Trifolium resupinatum</i>	1,26 ± 0,24	0,56 ± 0,02	0,13 ± 0,01
<i>Vicia sp.</i>	1,19 ± 0,10	0,74 ± 0,06	0,30 ± 0,01
<i>Centaureum erythraea</i>	1,23 ± 0,09	0,69 ± 0,02	0,15 ± 0,00
<i>Geranium asphodeloides</i>	1,16 ± 0,20	0,75 ± 0,14	0,13 ± 0,01
<i>Geranium pupureum</i>	1,07 ± 0,05	0,73 ± 0,05	0,10 ± 0,01
<i>Hypericum confertum</i>	0,72 ± 0,04	0,55 ± 0,06	0,16 ± 0,01
<i>Lamium purpureum</i>	1,55 ± 0,16	0,75 ± 0,11	0,36 ± 0,01
<i>Mentha spicata</i>	1,67 ± 0,06	1,59 ± 0,13	0,14 ± 0,01
<i>Stachys byzantina</i>	1,74 ± 0,33	0,59 ± 0,06	0,28 ± 0,01
<i>Alcea setosa</i>	1,74 ± 0,14	1,17 ± 0,19	0,31 ± 0,01
<i>Lavatera arborea</i>	1,85 ± 0,08	3,01 ± 0,61	0,12 ± 0,01
<i>Papaver rhoeas</i>	0,98 ± 0,08	0,56 ± 0,07	0,10 ± 0,01
<i>Plantago lanceolata</i>	0,75 ± 0,09	0,52 ± 0,05	0,22 ± 0,02
<i>Portulacca oleracea</i>	1,35 ± 0,06	1,06 ± 0,08	0,06 ± 0,00
<i>Ranunculus ficaria</i>	1,43 ± 0,05	0,79 ± 0,04	0,13 ± 0,01
<i>R. constantinopolitanus</i>	1,50 ± 0,05	0,81 ± 0,03	0,15 ± 0,01
<i>Veronica persica</i>	1,26 ± 0,09	0,87 ± 0,11	0,34 ± 0,01
<i>Datura stramonium</i>	1,74 ± 0,39	1,50 ± 0,15	0,06 ± 0,01
<i>Urtica dioica</i>	1,17 ± 0,03	0,35 ± 0,03	0,27 ± 0,02
<i>Tribulus terrestris</i>	1,68 ± 0,14	6,03 ± 1,01	0,04 ± 0,00

Bitki türlerinin alındığı örneklik alanlar arasında topraklarındaki aktüel mineral ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$  ve  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ) ve toplam azot (%) içerikleri açısından fark anlamlıdır ( $P < 0.05$ ; Çizelge 4.2). D alanından örneklenen türlerin toprağındaki ortalama amonyum miktarı (1,04 mg/100 g kuru toprak) diğer alanlara göre farklı bulunurken; en düşük nitrat (0,70 mg/100 g kuru toprak) ve toplam azot içeriğı (%) de bu alanda saptanmıştır. Sayısal olarak en yüksek ortalama amonyum (1,44 mg/100 g kuru toprak) ve nitrat (1,56 mg/100 g kuru toprak) değerleri A alanında; en yüksek ortalama azot içeriğı ise 0,20 (%) ile E alanında belirlenmiştir. Bununla birlikte  $\text{NH}_4^+$  için A,B,C ve E alanlarında;  $\text{NO}_3^-$  için A ve C alanlarında istatistikî açıdan anlamlı fark yoktur ( $P > 0.05$ ).

**Çizelge 4.2.** Örneklik alanların toprak özellikleri açısından karşılaştırılması ( $n = 5$ ,  $\alpha$ : 0.05; Ortalama  $\pm$  Standart Sapma; Harfler örneklik alanlara ait toprak özellikleri açısından oluşan fark gruplarını ifade eder.)

Örneklik Alanlar	$\text{NH}_4^+\text{-N}$ (mg/100 g kuru toprak)	$\text{NO}_3^-\text{-N}$ (mg/100 g kuru toprak)	Toplam N (%)
A	1,44 <sup>a</sup> $\pm$ 0,32	1,56 <sup>a</sup> $\pm$ 0,68	0,16 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,08
B	1,36 <sup>a</sup> $\pm$ 0,31	0,82 <sup>b</sup> $\pm$ 0,42	0,15 <sup>b</sup> $\pm$ 0,07
C	1,33 <sup>a</sup> $\pm$ 0,40	1,52 <sup>a</sup> $\pm$ 0,92	0,15 <sup>b</sup> $\pm$ 0,10
D	1,04 <sup>b</sup> $\pm$ 0,27	0,70 <sup>b</sup> $\pm$ 0,19	0,13 <sup>b</sup> $\pm$ 0,05
E	1,40 <sup>a</sup> $\pm$ 0,34	1,12 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,78	0,20 <sup>a</sup> $\pm$ 0,11

Monokotil ve dikotil türlerin farklı organlarına ait ortalama birim NRA, kuru ağırlıklı değerleri ve yüzdeleri ile bu organların bitkinin toplam nitrat özümlemesine olan katkısı (%) sırasıyla Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4' te verilmiştir. Monokotil türlerden *Allium scorodoprasum* ve *Ornithogalum pyrenaicum*' da en yüksek NRA yapraklarda saptanırken (sırasıyla 0,27 ve 0,36  $\mu\text{mol NO}_2^-\text{g}^{-1}\text{KAsaat}^{-1}$ ); *Bromus sterilis*' in yaprak ve çiçeklerinde NRA bakımından anlamlı farklılık tespit edilmemiştir ( $P > 0,05$ ). *Gladiolus italicus* türünde ise en yüksek nitrat özümlemesine sahip organ çiçeklerdir (0,32  $\mu\text{mol NO}_2^-\text{g}^{-1}\text{KAsaat}^{-1}$ ). Bununla birlikte *G. italicus*' da dahil tüm monokotil türlerin yapraklarında gerçekleşen nitrat özümlemesinin bitkiye katkısı diğer organlara kıyasla yüksek bulunmuştur. Bu organlarda gerçekleşen nitrat özümlemesinin bitkiye katkısı % 25,72 ile 81,01 arasında değişim göstermiştir.

**Çizelge 4.3.** Araştırılan monokotil türlerin organlarında ortalama NRA ( $\mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{KAsaat}^{-1}$ ), kuru ağırlık (g) değerleri ve her organın türün toplam NRA'ya katkısı (Harfler NRA açısından fark gruplarını ifade eder. n=5;  $\alpha$ :0.05)

	NRA $\mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{KAsaat}^{-1}$	Kuru ağırlık (g <sub>KA</sub> )	Organ NRA ( $\mu\text{mol NO}_2^- \text{KAsaat}^{-1}$ )
<b>Iridaceae</b>			
<i>Gladiolus italicus</i>			
Yaprak	0,14 <sup>b</sup> ± 0,04	0,89 ± 0,16 (%34,08)	0,12 ± 0,05 (%41,02)
Toprak altı	0,09 <sup>bc</sup> ± 0,02	0,48 ± 0,16 (%18,46)	0,04 ± 0,00 (%13,73)
Gövde	0,03 <sup>c</sup> ± 0,01	0,97 ± 0,38 (%35,79)	0,03 ± 0,01 (%10,79)
Çiçek	0,32 <sup>a</sup> ± 0,04	0,31 ± 0,09 (%11,67)	0,10 ± 0,02 (%34,45)
Toplam		2,65 (%100,0)	0,29 (%100,0)
<b>Liliaceae</b>			
<i>Allium scorodoprasum</i>			
Yaprak	0,27 <sup>a</sup> ± 0,11	0,17 ± 0,09 (%7,26)	0,04 ± 0,04 (%25,72)
Toprak altı	0,03 <sup>c</sup> ± 0,02	0,48 ± 0,16 (%37,67)	0,02 ± 0,02 (%13,51)
Gövde	0,05 <sup>c</sup> ± 0,01	0,97 ± 0,38 (%27,58)	0,04 ± 0,02 (%18,82)
Çiçek	0,09 <sup>bc</sup> ± 0,02	0,31 ± 0,09 (%12,03)	0,12 ± 0,02 (%14,12)
Ek kök	0,07 <sup>bc</sup> ± 0,03	0,06 ± 0,05 (%3,59)	0,01 ± 0,01 (%3,71)
Eski yaprak	0,16 <sup>b</sup> ± 0,05	0,28 ± 0,19 (%11,89)	0,04 ± 0,03 (%24,07)
Toplam		2,27 (%100,0)	0,27 (%100,0)
<i>Ornithogalum pyrenaicum</i>			
Yaprak	0,36 <sup>a</sup> ± 0,12	0,88 ± 0,36 (%27,12)	0,34 ± 0,21 (%81,01)
Toprak altı	0,03 <sup>b</sup> ± 0,02	0,97 ± 0,16 (%30,63)	0,02 ± 0,02 (%9,11)
Gövde	0,02 <sup>b</sup> ± 0,01	0,98 ± 0,21 (%30,30)	0,02 ± 0,02 (%7,60)
Çiçek	0,02 <sup>b</sup> ± 0,01	0,38 ± 0,05 (%11,95)	0,00 ± 0,00 (%2,29)
Toplam		3,21 (%100,0)	0,38 (%100,0)
<b>Poacea</b>			
<i>Bromus sterilis</i>			
Yaprak	0,56 <sup>a</sup> ± 0,27	1,50 ± 0,51 (%32,70)	0,81 ± 0,52 (%56,82)
Toprak altı	0,16 <sup>b</sup> ± 0,08	0,92 ± 0,47 (%3,34)	0,12 ± 0,03 (%9,77)
Gövde	0,08 <sup>b</sup> ± 0,05	1,80 ± 0,68 (%53,59)	0,14 ± 0,09 (%11,14)
Çiçek	0,50 <sup>a</sup> ± 0,13	0,57 ± 0,14 (%10,36)	0,28 ± 0,11 (%22,27)
Toplam		4,79 (%100,0)	1,35 (%100,0)



*Vicia* sp. ve *Mentha spicata* türleri dışında araştırılan dikotil türlerin organları arasında ortalama birim NRA değeri açısından anlamlı fark bulunmuş olup ( $P < 0,05$ ) en yüksek NRA çoğunlukla yapraklarda saptanmıştır. Bu kısımların NRA değerleri türe bağlı olarak  $27,13 \pm 7,16$  (*Chenopodium album*) ile  $0,11 \pm 0,04$   $\mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{KAsaat}^{-1}$  (*Raphanus raphanistrum*) arasında; yapraklarda gerçekleşen nitrat özümlemesinin bitkiye katkısı da % 33,4 ile 98,3 arasında değişmektedir.

Çoğunluğunu Asteraceae familyasının oluşturduğu bazı türlerde birim NRA'nın en yüksek olduğu organ kapitulum veya çiçeklerdir. Örneğin NRA değeri *Crepis zacintha*'nın kapitulumunda 0,49; *Echinops viscosus*'un kapitulumunda 0,64  $\mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{KAsaat}^{-1}$  olarak ölçülmüştür. Bunların dışında Boraginaceae familyasına ait *Echium angustifolium* ( $2,00 \text{ NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{KA saat}^{-1}$ ) türünde de en yüksek NRA değeri çiçeklerde saptanmıştır.

Araştırılan türlerin toprakaltı kısımlarının da nitrat indirgeme yeteneğine sahip olduğu belirlenmiştir. Çoğu türde bu organın enzim aktivitesi yapraklara kıyasla düşük bulunmakla beraber *Cirsium creticum* ve *Scabiosa columbari* istisna oluşturmaktadır. *S. columbari*'nin yaprak ve toprakaltı kısımlarda ortalama NRA değerleri aynı ( $0,19 \text{ NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{KAsaat}^{-1}$ ) bulunurken, *C. creticum* türünde ise en yüksek NRA değerine sahip organ toprakaltı kısımlardır. Bununla birlikte düşük kuru ağırlık değerlerine bağlı olarak bu organların bitkinin toplam nitrat özümlemesine yaptığı katkı düşüktür.

Elde edilen sonuçlar bitkilerin nitrat özümleme kapasitesinin türe özgü olarak değiştiğini göstermektedir. Örneğin; Chenopodiaceae familyasına ait türlerin organlarındaki nitrat asimilasyon modeline bakıldığında nitratın tercihen yapraklarda indirgendiği görülmektedir. Bununla birlikte yaprak NRA değeri *Chenopodium album*'da 27,13; *Chenopodium botrys*'de 14,76; *Chenopodium murale*'de 4,98  $\text{NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{KA saat}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Yine Geraniaceae familyası üyelerinden *Geranium asphodeloides*'in yaprak NRA'sı ( $5,9 \text{ NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{KAsaat}^{-1}$ ), *G. purpureum*'da ölçülen aktivitenin ( $1,3 \text{ NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{KAsaat}^{-1}$ ) yaklaşık 5 katıdır.

Birçok türde gövde NRA değerleri  $1 \text{ NO}_2^- \text{ g}^{-1} \text{ KAsaat}^{-1}$  in altında bulunmuştur. Araştırılan türler arasında *Tribulus terrestris* ( $5,05 \text{ NO}_2^- \text{ g}^{-1} \text{ KAsaat}^{-1}$ ), *Datura stramonium* ( $6,37 \text{ NO}_2^- \text{ g}^{-1} \text{ KAsaat}^{-1}$ ) ve *Chenopodium album* ( $3,41 \text{ NO}_2^- \text{ g}^{-1} \text{ KAsaat}^{-1}$ ) un gövdesindeki nitrat redüktaz aktivitesi, diğer türlerde ölçülenlere kıyasla oldukça yüksektir. Ayrıca yaprak sapı, meyve gibi diğer bitki kısımlarında da nitrat indirgeme yeteneği mevcuttur. Örneğin NRA *Lavatera arborea* nın yaprak sapında  $3,14 \text{ NO}_2^- \text{ g}^{-1} \text{ KAsaat}^{-1}$ , meyvesinde  $1,87 \text{ NO}_2^- \text{ g}^{-1} \text{ KAsaat}^{-1}$  olarak ölçülmüştür.

Araştırma sonucunda en düşük toplam nitrat redüktaz aktivitesi *Xeranthemum cylindraceum* ( $0,19 \text{ } \mu\text{mol NO}_2^- \text{ saat}^{-1}$ ) türünde belirlenmiştir. *Datura stramonium* a ait toplam nitrat redüktaz aktivitesi ( $192,06 \text{ } \mu\text{mol NO}_2^- \text{ saat}^{-1}$ ) ise diğer türlere kıyasla oldukça yüksektir. *D. stramonium*, *Xanthium strumarium* ( $107,4 \text{ } \mu\text{mol NO}_2^- \text{ saat}^{-1}$ ), *Anchusa azurea* ( $89,3 \text{ } \mu\text{mol NO}_2^- \text{ saat}^{-1}$ ), *Ecbalium elaterium* ( $60,9 \text{ } \mu\text{mol NO}_2^- \text{ saat}^{-1}$ ), *Geranium asphodeloides* ( $65,2 \text{ } \mu\text{mol NO}_2^- \text{ saat}^{-1}$ ), *Urtica dioica* ( $42,8 \text{ } \mu\text{mol NO}_2^- \text{ saat}^{-1}$ ) gibi türlerin sahip olduğu yüksek biyomas değerleri bitkilerin nitrat özümleme kapasitesini önemli derecede arttırmıştır.

**Çizelge 4.4.** Araştırılan dikotil türlerin organlarında ortalama NRA ( $\mu\text{mol NO}_2^- \text{ g}^{-1} \text{ KAsaat}^{-1}$ ), kuru ağırlık (g) değerleri ve her organın türün toplam NRA'ya katkısı (Harfler NRA açısından fark gruplarını ifade eder.  $n=5$ ;  $\alpha:0.05$ )

	<b>NRA</b> ( $\mu\text{mol NO}_2^- \text{ g}^{-1} \text{ KAsaat}^{-1}$ )	<b>Biyomas</b> ( $\text{g}_{\text{KA}}$ )	<b>Organ NRA</b> ( $\mu\text{mol NO}_2^- \text{ KAsaat}^{-1}$ )
<b>Amaranthaceae</b>			
<i>Amaranthus cholostahys</i>			
Yaprak	$2,93^a \pm 0,79$	$1,23 \pm 0,40$ (%40,84)	$3,71 \pm 1,88$ (%61,70)
Toprak altı	$0,58^c \pm 0,10$	$0,31 \pm 0,10$ (%10,11)	$0,18 \pm 0,09$ (%3,23)
Gövde	$1,11^{bc} \pm 0,22$	$0,87 \pm 0,19$ (%29,35)	$0,95 \pm 0,19$ (%17,87)
Çiçek	$1,84^b \pm 0,86$	$0,55 \pm 0,15$ (%19,70)	$0,99 \pm 0,55$ (%17,20)
Toplam		$2,96$ (%100,0)	$5,83$ (%100,0)
<b>Apiaceae</b>			
<i>Seseli campestre</i>			
Yaprak	$1,45^a \pm 0,41$	$1,72 \pm 1,05$ (%34,08)	$2,74 \pm 2,28$ (%65,49)
Toprak altı	$0,23^c \pm 0,03$	$0,47 \pm 0,23$ (%18,46)	$0,11 \pm 0,06$ (%3,54)
Gövde	$0,32^{bc} \pm 0,06$	$2,27 \pm 1,14$ (%35,79)	$0,71 \pm 0,36$ (%20,84)
Çiçek	$0,64^b \pm 0,09$	$0,49 \pm 0,22$ (%11,67)	$0,31 \pm 0,15$ (%10,12)
Toplam		$4,95$ (%100,0)	$3,87$ (%100,0)

**Çizelge 4.4.** Araştırılan dikotil türlerin organlarında ortalama NRA ( $\mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{KASAAT}^{-1}$ ), kuru ağırlık (g) değerleri ve her organın türün toplam NRA'ya katkısı (Harfler NRA açısından fark gruplarını ifade eder. n=5;  $\alpha$ :0.05) (devam)

<i>Ferula communis</i>			
Yaprak	1,65 <sup>a</sup> ± 0,45	1,68 ± 0,84 (%21,72)	2,91 ± 1,95 (%33,61)
Toprak altı	0,67 <sup>b</sup> ± 0,13	0,54 ± 0,35 (%6,59)	0,33 ± 0,15 (%4,02)
Gövde	0,64 <sup>b</sup> ± 0,18	3,57 ± 1,41 (%46,61)	2,15 ± 0,40 (%28,56)
Çiçek	1,42 <sup>a</sup> ± 0,15	0,98 ± 0,71 (%11,66)	1,46 ± 1,23 (%16,09)
Meyve	1,58 <sup>a</sup> ± 0,59	1,07 ± 0,66 (%13,42)	1,51 ± 1,01 (%17,71)
Toplam		7,84 (%100,0)	8,36 (%100,0)
<i>Echinophora sp.</i>			
Yaprak	1,03 <sup>a</sup> ± 0,07	0,84 ± 0,39 (%46,12)	0,86 ± 0,39 (%67,33)
Toprak altı	0,12 <sup>b</sup> ± 0,03	0,69 ± 0,35 (%36,87)	0,08 ± 0,05 (%6,98)
Gövde	1,08 <sup>a</sup> ± 0,21	0,32 ± 0,17 (%17,01)	0,34 ± 0,22 (%25,69)
Toplam		1,85 (%100,0)	1,28 (%100,0)
<b>Asteraceae</b>			
<i>Anthemis altissima</i>			
Yaprak	0,96 <sup>a</sup> ± 0,42	0,77 ± 0,53 (%26,43)	0,83 ± 0,66 (%42,84)
Toprak altı	0,17 <sup>b</sup> ± 0,27	0,17 ± 0,11 (%8,39)	0,03 ± 0,02 (%1,98)
Gövde	0,37 <sup>b</sup> ± 0,14	1,06 ± 0,63 (%33,10)	0,41 ± 0,32 (%26,05)
Kapitulum	0,41 <sup>b</sup> ± 0,11	1,15 ± 0,86 (%32,08)	0,46 ± 0,31 (%29,12)
Toplam		3,15 (%100,0)	1,73 (%100,0)
<i>Anthemis tinctoria</i>			
Yaprak	0,96 <sup>a</sup> ± 0,13	1,63 ± 0,87 (%24,36)	1,54 ± 0,76 (%44,34)
Toprak altı	0,29 <sup>b</sup> ± 0,13	1,08 ± 0,62 (%46,18)	0,27 ± 0,11 (%8,08)
Gövde	0,44 <sup>b</sup> ± 0,09	2,92 ± 0,89 (%16,29)	1,21 ± 0,15 (%38,03)
Kapitulum	0,37 <sup>b</sup> ± 0,12	0,84 ± 0,28 (%13,17)	0,31 ± 0,13 (%9,55)
Toplam		6,47 (%100,0)	3,33 (%100,0)
<i>Centaurea solstitialis</i>			
Yaprak	0,82 <sup>a</sup> ± 0,23	1,40 ± 0,54 (%16,43)	1,22 ± 0,85 (%33,39)
Toprak altı	0,11 <sup>c</sup> ± 0,04	0,57 ± 0,19 (%7,05)	0,06 ± 0,04 (%1,98)
Gövde	0,23 <sup>c</sup> ± 0,05	4,20 ± 1,77 (%48,39)	1,00 ± 0,57 (%28,13)
Kapitulum	0,51 <sup>b</sup> ± 0,04	2,44 ± 1,07 (%28,14)	1,27 ± 0,61 (%36,50)
Toplam		8,61 (%100,0)	3,55 (%100,0)

**Çizelge 4.4.** Araştırılan dikotil türlerin organlarında ortalama NRA ( $\mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{KASAAT}^{-1}$ ), kuru ağırlık (g) değerleri ve her organın türün toplam NRA'ya katkısı (Harfler NRA açısından fark gruplarını ifade eder. n=5;  $\alpha$ :0.05) (devam)

<i>Cichorium inthybus</i>			
Yaprak	1,07 <sup>a</sup> ± 0,27	1,74 ± 0,50 (%29,29)	1,93 ± 0,75 (%64,81)
Toprak altı	0,15 <sup>c</sup> ± 0,04	1,76 ± 1,18 (%23,48)	0,28 ± 0,28 (%8,96)
Gövde	0,18 <sup>b</sup> ± 0,04	2,98 ± 1,92 (%7,91)	0,57 ± 0,47 (%18,02)
Kapitulum ve meyve	0,43 <sup>bc</sup> ± 0,14	0,56 ± 0,38 (%39,32)	0,21 ± 0,11 (%8,21)
Toplam		7,04 (%100,0)	2,99 (%100,0)
<i>Cirsium creticum</i>			
Yaprak	1,34 <sup>ab</sup> ± 0,23	1,04 ± 0,72 (%37,24)	1,26 ± 0,66 (%47,93)
Toprak altı	1,58 <sup>a</sup> ± 0,60	0,16 ± 0,11 (%5,65)	0,21 ± 0,11 (%8,32)
Gövde	0,82 <sup>b</sup> ± 0,31	0,96 ± 0,65 (%33,28)	0,71 ± 0,43 (%25,95)
Kapitulum	0,78 <sup>b</sup> ± 0,15	0,61 ± 0,43 (%23,83)	0,45 ± 0,28 (%17,80)
Toplam		2,77 (%100,0)	2,63 (%100,0)
<i>Crepis zacintha</i>			
Yaprak	0,38 <sup>ab</sup> ± 0,06	1,41 ± 0,45 (%32,29)	0,55 ± 0,24 (%46,52)
Toprak altı	0,23 <sup>bc</sup> ± 0,09	0,76 ± 0,22 (%18,61)	0,19 ± 0,11 (%15,50)
Gövde	0,14 <sup>c</sup> ± 0,03	1,99 ± 1,28 (%39,90)	0,29 ± 0,22 (%20,85)
Kapitulum	0,49 <sup>a</sup> ± 0,17	0,56 ± 0,61 (%9,19)	0,34 ± 0,46 (%17,12)
Toplam		4,72 (%100,0)	1,37 (%100,0)
<i>Echinops viscosus</i>			
Yaprak	0,31 <sup>b</sup> ± 0,09	10,33 ± 5,88 (%30,09)	3,18 ± 1,76 (%25,96)
Toprak altı	0,21 <sup>b</sup> ± 0,09	5,63 ± 1,55 (%19,61)	1,20 ± 0,70 (%12,22)
Gövde	0,13 <sup>b</sup> ± 0,03	6,74 ± 4,38 (%18,81)	0,89 ± 0,67 (%6,76)
Kapitulum	0,64 <sup>a</sup> ± 0,20	10,77 ± 5,86 (%31,49)	7,01 ± 5,52 (%55,05)
Toplam		33,47 (%100,0)	12,28 (%100,0)
<i>Scolymus hispanicus</i>			
Yaprak	0,81 <sup>a</sup> ± 0,30	25,48 ± 7,87 (%50,12)	19,47 ± 5,00 (%62,90)
Toprak altı	0,14 <sup>b</sup> ± 0,05	7,44 ± 8,13 (%11,84)	0,99 ± 1,08 (%2,83)
Gövde	0,09 <sup>b</sup> ± 0,03	9,40 ± 3,98 (%18,05)	0,80 ± 0,27 (%2,69)
Kapitulum	0,97 <sup>a</sup> ± 0,29	9,92 ± 2,56 (%20,00)	10,08 ± 5,15 (%31,58)
Toplam		52,24 (%100,0)	31,34 (%100,0)
<i>Solidago virgaurea</i>			
Yaprak	2,27 <sup>a</sup> ± 0,88	1,03 ± 0,63 (%53,13)	2,18 ± 1,39 (%89,18)
Toprak altı	0,07 <sup>b</sup> ± 0,03	0,16 ± 0,10 (%8,37)	0,01 ± 0,01 (%0,42)
Gövde	0,31 <sup>b</sup> ± 0,07	0,69 ± 0,48 (%33,90)	0,22 ± 0,20 (%8,69)
Kapitulum	0,47 <sup>b</sup> ± 0,06	0,08 ± 0,02 (%4,60)	0,04 ± 0,01 (%1,71)
Toplam		1,96 (%100,0)	2,45 (%100,0)

**Çizelge 4.4.** Araştırılan dikotil türlerin organlarında ortalama NRA ( $\mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{KAsaat}^{-1}$ ), kuru ağırlık (g) değerleri ve her organın türün toplam NRA'ya katkısı (Harfler NRA açısından fark gruplarını ifade eder. n=5;  $\alpha$ :0.05) (devam)

<i>Tragopagon longirostris</i>			
Yaprak	1,69 <sup>a</sup> ± 0,61	0,40 ± 0,17 (%30,68)	0,60 ± 0,14 (%62,11)
Toprak altı	0,26 <sup>b</sup> ± 0,09	0,16 ± 0,05 (%13,07)	0,04 ± 0,00 (%4,10)
Gövde	0,58 <sup>b</sup> ± 0,42	0,56 ± 0,33 (%38,78)	0,21 ± 0,05 (%22,80)
Kapitulum	0,51 <sup>b</sup> ± 0,19	0,25 ± 0,14 (%17,47)	0,11 ± 0,06 (%11,01)
Toplam		1,37 (%100,0)	0,96 (%100,0)
<i>Xanthium strumarium</i>			
Yaprak	5,59 <sup>a</sup> ± 1,30	15,29 ± 3,30 (%37,80)	87,63 ± 36,44 (%80,92)
Toprak altı	0,31 <sup>c</sup> ± 0,12	7,20 ± 4,47 (%16,94)	2,21 ± 1,36 (%1,97)
Gövde	0,84 <sup>bc</sup> ± 0,11	13,86 ± 2,22 (%35,06)	11,73 ± 2,69 (%12,03)
Kapitulum	1,69 <sup>b</sup> ± 0,44	2,81 ± 1,78 (%6,54)	5,11 ± 4,31 (%4,35)
Meyve	0,49 <sup>c</sup> ± 0,22	1,39 ± 0,45 (%3,66)	0,68 ± 0,40 (%0,72)
Toplam		40,55 (%100,0)	107,36 (%100,0)
<i>Xeranthemum cylindraceum</i>			
Yaprak	0,31 <sup>a</sup> ± 0,04	0,21 ± 0,11 (%22,42)	0,07 ± 0,04 (%43,86)
Toprak altı	0,05 <sup>c</sup> ± 0,02	0,08 ± 0,04 (%9,60)	0,01 ± 0,00 (%3,26)
Gövde	0,12 <sup>b</sup> ± 0,04	0,52 ± 0,40 (%48,27)	0,07 ± 0,06 (%35,86)
Kapitulum	0,14 <sup>b</sup> ± 0,04	0,22 ± 0,19 (%19,71)	0,04 ± 0,04 (%17,02)
Toplam		1,03 (%100,0)	0,19 (%100,0)
<b>Boraginaceae</b>			
<i>Echium angustifolium</i>			
Yaprak	0,86 <sup>b</sup> ± 0,25	4,28 ± 2,35 (%23,32)	3,44 ± 1,47 (%28,94)
Toprak altı	0,12 <sup>c</sup> ± 0,04	7,12 ± 2,89 (%37,98)	0,89 ± 0,50 (%7,08)
Gövde	0,39 <sup>bc</sup> ± 0,16	3,61 ± 1,37 (%20,39)	1,36 ± 0,59 (%10,98)
Çiçek	2,00 <sup>a</sup> ± 0,43	3,36 ± 1,52 (%18,31)	6,53 ± 3,15 (%53,00)
Toplam		18,37 (%100,0)	12,22 (%100,0)
<i>Anchusa azurea</i>			
Yaprak	6,81 <sup>a</sup> ± 1,57	12,00 ± 5,59 (%39,40)	77,35 ± 23,37 (%87,53)
Toprak altı	0,15 <sup>b</sup> ± 0,08	8,81 ± 5,89 (%27,39)	1,00 ± 0,46 (%1,22)
Gövde	1,16 <sup>b</sup> ± 0,38	6,63 ± 2,76 (%22,36)	8,06 ± 4,26 (%8,72)
Çiçek	0,83 <sup>b</sup> ± 0,36	3,14 ± 1,22 (%10,85)	2,88 ± 1,96 (%2,95)
Toplam		30,58 (%100,0)	89,29 (%100,0)

**Çizelge 4.4.** Araştırılan dikotil türlerin organlarında ortalama NRA ( $\mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{KASAAT}^{-1}$ ), kuru ağırlık (g) değerleri ve her organın türün toplam NRA'ya katkısı (Harfler NRA açısından fark gruplarını ifade eder. n=5;  $\alpha$ :0.05) (devam)

<b>Brassicaceae</b>			
<i>Calepina irregularis</i>			
Yaprak	11,75 <sup>a</sup> ± 3,10	0,50 ± 0,27 (%49,35)	5,38 ± 2,50 (%98,31)
Toprak altı	0,17 <sup>b</sup> ± 0,03	0,09 ± 0,08 (%8,43)	0,01 ± 0,01 (%0,25)
Gövde	0,14 <sup>b</sup> ± 0,04	0,38 ± 0,24 (%37,09)	0,05 ± 0,02 (%0,89)
Çiçek	0,64 <sup>b</sup> ± 0,22	0,05 ± 0,02 (%5,13)	0,03 ± 0,02 (%0,55)
Toplam		1,02 (%100,0)	5,47 (%100,0)
<i>Raphanus raphanistrum</i>			
Yaprak	0,11 <sup>a</sup> ± 0,04	2,66 ± 1,16 (%35,20)	0,27 ± 0,11 (%60,93)
Toprak altı	0,06 <sup>bc</sup> ± 0,02	0,64 ± 0,23 (%8,98)	0,04 ± 0,02 (%9,09)
Gövde	0,02 <sup>c</sup> ± 0,01	2,71 ± 0,93 (%37,49)	0,06 ± 0,03 (%13,70)
Çiçek	0,07 <sup>ab</sup> ± 0,02	0,71 ± 0,32 (%9,70)	0,05 ± 0,04 (%10,73)
Meyve	0,03 <sup>bc</sup> ± 0,02	0,65 ± 0,54 (%8,64)	0,02 ± 0,03 (%5,56)
Toplam		7,37 (%100,0)	0,44 (%100,0)
<i>Sinapis arvensis</i>			
Yaprak	6,41 <sup>a</sup> ± 1,62	0,89 ± 0,74 (%38,99)	6,05 ± 5,38 (%70,80)
Toprak altı	0,06 <sup>c</sup> ± 0,01	0,28 ± 0,16 (%13,99)	0,02 ± 0,10 (%0,27)
Gövde	2,05 <sup>b</sup> ± 0,72	0,79 ± 0,39 (%41,63)	1,52 ± 0,63 (%25,72)
Çiçek	1,97 <sup>b</sup> ± 0,74	0,11 ± 0,07 (%5,39)	0,23 ± 0,24 (%3,21)
Toplam		2,07 (%100,0)	7,82 (%100,0)
<b>Chenopodiaceae</b>			
<i>Chenopodium album</i>			
Yaprak	27,13 <sup>a</sup> ± 7,16	0,50 ± 0,08 (%26,67)	13,80 ± 5,21 (%81,47)
Toprak altı	0,28 <sup>b</sup> ± 0,15	0,13 ± 0,10 (%6,47)	0,03 ± 0,02 (%0,19)
Gövde	3,41 <sup>b</sup> ± 1,23	0,38 ± 0,17 (%19,28)	1,16 ± 0,21 (%7,18)
Çiçek	2,02 <sup>b</sup> ± 0,49	0,91 ± 0,27 (%47,58)	1,88 ± 0,90 (%11,16)
Toplam		1,92 (%100,0)	16,87 (%100,0)
<i>Chenopodium botrys</i>			
Yaprak	14,76 <sup>a</sup> ± 1,71	1,65 ± 1,25 (%42,13)	24,72 ± 19,76 (%90,78)
Toprak altı	0,14 <sup>b</sup> ± 0,03	0,26 ± 0,15 (%7,22)	0,04 ± 0,02 (%0,15)
Gövde	1,33 <sup>b</sup> ± 0,56	1,91 ± 1,74 (%45,30)	2,26 ± 1,49 (%8,87)
Çiçek	0,29 <sup>b</sup> ± 0,10	0,21 ± 0,20 (%5,35)	0,06 ± 0,06 (%0,20)
Toplam		4,03 (%100,0)	27,08 (%100,0)

**Çizelge 4.4.** Araştırılan dikotil türlerin organlarında ortalama NRA ( $\mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{KAsaat}^{-1}$ ), kuru ağırlık (g) değerleri ve her organın türün toplam NRA'ya katkısı (Harfler NRA açısından fark gruplarını ifade eder. n=5;  $\alpha$ :0.05) (devam)

<i>Chenopodium murale</i>			
Yaprak	4,98 <sup>a</sup> ± 1,99	1,00 ± 0,32 (%29,08)	5,23 ± 2,60 (%41,66)
Toprak altı	2,13 <sup>b</sup> ± 0,44	0,26 ± 0,23 (%6,61)	0,49 ± 0,32 (%4,77)
Gövde	2,94 <sup>ab</sup> ± 1,02	1,87 ± 0,69 (%50,94)	5,19 ± 1,55 (%43,80)
Çiçek	2,61 <sup>b</sup> ± 0,77	0,47 ± 0,23 (%13,36)	1,23 ± 0,69 (%9,77)
Toplam		3,60 (%100,0)	12,14 (%100,0)
<b>Convolvulaceae</b>			
<i>Convolvulus arvensis</i>			
Yaprak	6,08 <sup>a</sup> ± 2,03	0,64 ± 0,11 (%31,45)	3,87 ± 1,29 (%52,52)
Toprak altı	1,27 <sup>c</sup> ± 0,13	0,46 ± 0,17 (%22,03)	0,58 ± 0,22 (%8,42)
Gövde	2,77 <sup>bc</sup> ± 0,60	0,81 ± 0,13 (%39,47)	2,25 ± 0,60 (%32,29)
Çiçek	3,40 <sup>b</sup> ± 0,86	0,14 ± 0,11 (%7,05)	0,51 ± 0,51 (%6,76)
Toplam		2,05 (%100,0)	7,21 (%100,0)
<b>Cucurbitaceae</b>			
<i>Ecbalium elaterium</i>			
Yaprak	3,94 <sup>a</sup> ± 1,94	11,09 ± 7,02 (%34,25)	48,73 ± 48,34 (%77,19)
Toprak altı	0,41 <sup>b</sup> ± 0,18	21,02 ± 22,91 (%49,17)	6,79 ± 7,45 (%13,59)
Gövde	0,53 <sup>b</sup> ± 0,18	12,85 ± 2,17 (%8,26)	1,42 ± 1,18 (%3,07)
Çiçek	2,31 <sup>a</sup> ± 0,34	1,30 ± 1,74 (%2,68)	3,20 ± 4,49 (%4,26)
Meyve	0,45 <sup>b</sup> ± 0,11	1,90 ± 1,32 (%5,64)	0,76 ± 0,54 (%1,89)
Toplam		48,16 (%100,0)	60,90 (%100,0)
<b>Dipsacaceae</b>			
<i>Scabiosa columbaria</i>			
Yaprak	0,19 <sup>a</sup> ± 0,08	1,46 ± 0,61	0,28 ± 0,22
Toprak altı	0,19 <sup>a</sup> ± 0,04	0,58 ± 0,12	0,10 ± 0,04
Gövde	0,01 <sup>b</sup> ± 0,04	0,19 ± 0,06	0,01 ± 0,00
Çiçek	0,02 <sup>b</sup> ± 0,01	1,62 ± 0,60	0,35 ± 0,02
Toplam		3,85	0,74
<b>Euphorbiaceae</b>			
<i>Euphorbia helioscopia</i>			
Yaprak	1,17 <sup>a</sup> ± 0,46	0,33 ± 0,12 (%33,70)	0,41 ± 0,22 (%78,54)
Toprak altı	0,16 <sup>b</sup> ± 0,10	0,06 ± 0,01 (%5,87)	0,01 ± 0,01 (%1,92)
Gövde	0,15 <sup>b</sup> ± 0,07	0,50 ± 0,23 (%49,28)	0,08 ± 0,05 (%14,04)
Çiçek	0,20 <sup>b</sup> ± 0,04	0,11 ± 0,05 (%11,14)	0,02 ± 0,01 (%5,50)
Toplam		1,00 (%100,0)	0,52 (%100,0)

**Çizelge 4.4.** Araştırılan dikotil türlerin organlarında ortalama NRA ( $\mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{KASAAT}^{-1}$ ), kuru ağırlık (g) değerleri ve her organın türün toplam NRA'ya katkısı (Harfler NRA açısından fark gruplarını ifade eder. n=5;  $\alpha$ :0.05) (devam)

### Fabaceae

#### *Melilotus officinalis*

Yaprak	0,63 <sup>a</sup> ± 0,16	0,34 ± 0,19 (%38,57)	0,21 ± 0,14(%42,35)
Toprak altı	0,23 <sup>b</sup> ± 0,09	0,04 ± 0,01 (%5,98)	0,01 ± 0,01 (%2,47)
Gövde	0,56 <sup>a</sup> ± 0,15	0,40 ± 0,21 (%46,60)	0,24 ± 0,17 (%46,21)
Çiçek	0,55 <sup>a</sup> ± 0,09	0,07 ± 0,04 (%8,85)	0,04 ± 0,03 (%8,97)
Toplam		0,85 (%100,0)	0,50 (%100,0)

#### *Ornithopus compressus*

Yaprak	1,56 <sup>a</sup> ± 0,16	0,33 ± 0,07 (%32,70)	0,51 ± 0,13 (%41,37)
Toprak altı	0,46 <sup>b</sup> ± 0,18	0,03 ± 0,01 (%3,34)	0,01 ± 0,01 (%1,30)
Gövde	1,26 <sup>a</sup> ± 0,52	0,54 ± 0,10 (%53,59)	0,68 ± 0,30 (%51,87)
Çiçek	0,59 <sup>b</sup> ± 0,15	0,10 ± 0,04 (%10,36)	0,07 ± 0,04 (%5,46)
Toplam		1,00 (%100,0)	1,27 (%100,0)

#### *Trifolium resupinatum*

Yaprak	0,89 <sup>a</sup> ± 0,13	0,32 ± 0,10 (%36,67)	0,28 ± 0,05 (%66,93)
Toprak altı	0,24 <sup>b</sup> ± 0,07	0,08 ± 0,04 (%9,28)	0,02 ± 0,01 (%4,62)
Gövde	0,30 <sup>b</sup> ± 0,09	0,33 ± 0,15 (%35,75)	0,10 ± 0,06 (%22,39)
Çiçek	0,16 <sup>b</sup> ± 0,03	0,17 ± 0,09 (%18,30)	0,03 ± 0,01 (%6,05)
Toplam		0,90 (%100,0)	0,43 (%100,0)

#### *Vicia sp.*

Yaprak	0,49 <sup>a</sup> ± 0,16	1,20 ± 0,31 (%45,90)	0,62 ± 0,30 (%54,39)
Toprak altı	0,23 <sup>a</sup> ± 0,07	0,11 ± 0,03 (%4,39)	0,02 ± 0,01 (%2,70)
Gövde	0,37 <sup>a</sup> ± 0,18	1,11 ± 0,31 (%42,61)	0,39 ± 0,18 (%35,75)
Çiçek	0,41 <sup>a</sup> ± 0,15	0,20 ± 0,16 (%7,09)	0,07 ± 0,03 (%7,16)
Toplam		2,62 (%100,0)	1,10 (%100,0)

### Gentianaceae

#### *Centaurium erythraea*

Yaprak	0,31 <sup>a</sup> ± 0,14	0,49 ± 0,42 (%29,35)	0,17 ± 0,17 (%48,37)
Toprak altı	0,16 <sup>ab</sup> ± 0,03	0,06 ± 0,02 (%4,05)	0,10 ± 0,05 (%2,70)
Gövde	0,08 <sup>b</sup> ± 0,03	0,38 ± 0,19 (%25,91)	0,03 ± 0,01 (%8,79)
Çiçek	0,29 <sup>a</sup> ± 0,14	0,61 ± 0,35 (%40,70)	0,16 ± 0,07 (%40,14)
Toplam		1,54 (%100,0)	0,46 (%100,0)



**Çizelge 4.4.** Araştırılan dikotil türlerin organlarında ortalama NRA ( $\mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{KAsaat}^{-1}$ ), kuru ağırlık (g) değerleri ve her organın türün toplam NRA'ya katkısı (Harfler NRA açısından fark gruplarını ifade eder. n=5;  $\alpha$ :0.05) (devam)

<b>Geraniaceae</b>			
<i>Geranium asphodeloides</i>			
Yaprak	5,91 <sup>a</sup> ± 1,62	8,31 ± 2,36 (%42,83)	49,66 ± 19,75 (%77,46)
Toprak altı	0,56 <sup>b</sup> ± 0,22	1,18 ± 0,63 (%5,80)	0,73 ± 0,67 (%1,08)
Gövde	1,44 <sup>b</sup> ± 0,74	10,28 ± 5,86 (%47,46)	14,07 ± 8,03 (%20,31)
Çiçek	0,87 <sup>b</sup> ± 0,07	0,86 ± 0,53 (%3,91)	0,76 ± 0,51 (%1,16)
Toplam		20,63 (%100,0)	65,22 (%100,0)
<i>Geranium purpureum</i>			
Yaprak	1,30 <sup>a</sup> ± 0,33	0,79 ± 0,21 (%65,54)	1,06 ± 0,51 (%85,48)
Toprak altı	0,40 <sup>c</sup> ± 0,10	0,08 ± 0,02 (%6,49)	0,03 ± 0,01 (%2,65)
Gövde	0,31 <sup>c</sup> ± 0,08	0,25 ± 0,05 (%21,64)	0,08 ± 0,03 (%6,65)
Çiçek	0,79 <sup>b</sup> ± 0,12	0,08 ± 0,02 (%6,33)	0,06 ± 0,01 (%5,22)
Toplam		1,20 (%100,0)	1,23 (%100,0)
<b>Hypericaceae</b>			
<i>Hypericum confertum</i>			
Yaprak	0,66 <sup>a</sup> ± 0,21	0,89 ± 0,35 (%25,00)	0,58 ± 0,28 (%55,19)
Toprak altı	0,11 <sup>b</sup> ± 0,05	0,70 ± 0,22 (%20,47)	0,07 ± 0,17 (%8,15)
Gövde	0,13 <sup>b</sup> ± 0,04	1,91 ± 1,51 (%44,58)	0,22 ± 0,16 (%19,95)
Çiçek	0,49 <sup>a</sup> ± 0,13	0,35 ± 0,16 (%9,96)	0,18 ± 0,10 (%16,70)
Toplam		3,85 (%100,0)	1,05 (%100,0)
<b>Lamiaceae</b>			
<i>Lamium purpureum</i>			
Yaprak	2,27 <sup>a</sup> ± 0,68	0,10 ± 0,05 (%44,19)	0,22 ± 0,08 (%57,29)
Toprak altı	0,31 <sup>b</sup> ± 0,11	0,03 ± 0,01 (%15,72)	0,01 ± 0,00 (%2,80)
Gövde	2,88 <sup>a</sup> ± 1,11	0,06 ± 0,03 (%23,47)	0,14 ± 0,02 (%37,05)
Çiçek	0,30 <sup>b</sup> ± 0,15	0,04 ± 0,01 (%16,61)	0,01 ± 0,01 (%2,86)
Toplam		0,23 (%100,0)	0,38 (%100,0)
<i>Mentha spicata</i>			
Yaprak	0,42 <sup>a</sup> ± 0,05	1,54 ± 0,55 (%28,12)	0,65 ± 0,27 (%23,59)
Toprak altı	0,56 <sup>a</sup> ± 0,13	1,75 ± 0,62 (%33,03)	0,94 ± 0,25 (%35,51)
Gövde	0,50 <sup>a</sup> ± 0,04	1,50 ± 0,71 (%26,64)	0,74 ± 0,34 (%26,65)
Çiçek	0,61 <sup>a</sup> ± 0,21	0,73 ± 0,54 (%12,22)	0,46 ± 0,43 (%14,24)
Toplam		5,52 (%100,0)	2,79 (%100,0)

**Çizelge 4.4.** Araştırılan dikotil türlerin organlarında ortalama NRA ( $\mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{KAsaat}^{-1}$ ), kuru ağırlık (g) değerleri ve her organın türün toplam NRA'ya katkısı (Harfler NRA açısından fark gruplarını ifade eder. n=5;  $\alpha$ :0.05) (devam)

<i>Stachys byzantina</i>			
Yaprak	0,19 <sup>a</sup> ± 0,07	4,40 ± 1,49 (%32,45)	0,80 ± 0,29 (%58,68)
Toprak altı	0,07 <sup>b</sup> ± 0,02	2,78 ± 0,95 (%20,31)	0,18 ± 0,05 (%15,10)
Gövde	0,06 <sup>b</sup> ± 0,02	4,19 ± 0,89 (%31,70)	0,26 ± 0,12 (%18,61)
Çiçek	0,05 <sup>b</sup> ± 0,02	2,03 ± 0,32 (%15,55)	0,10 ± 0,04 (%7,61)
Toplam		13,40 (%100,0)	1,34 (%100,0)
<b>Malvaceae</b>			
<i>Alcea setosa</i>			
Yaprak	1,65 <sup>a</sup> ± 0,90	8,33 ± 4,91 (%17,55)	15,60 ± 15,86 (%64,46)
Toprak altı	0,12 <sup>b</sup> ± 0,02	8,20 ± 4,41 (%20,43)	1,08 ± 0,71 (%6,95)
Gövde	0,08 <sup>b</sup> ± 0,05	17,86 ± 18,57 (%29,74)	1,84 ± 2,94 (%5,82)
Çiçek	0,13 <sup>b</sup> ± 0,03	1,79 ± 1,19 (%3,75)	0,22 ± 0,16 (%1,10)
Yaprak sapı	0,44 <sup>b</sup> ± 0,24	3,36 ± 2,08 (%7,31)	1,63 ± 1,61 (%6,60)
Meyve	0,29 <sup>b</sup> ± 0,11	9,00 ± 4,06 (%21,23)	2,65 ± 1,45 (%15,08)
Toplam		48,54 (%100,0)	23,02 (%100,0)
<i>Lavatera arborea</i>			
Yaprak	6,98 <sup>a</sup> ± 1,63	1,95 ± 1,05 (%14,32)	14,14 ± 9,15 (%59,26)
Toprak altı	0,37 <sup>c</sup> ± 0,14	5,66 ± 2,23 (%43,16)	1,91 ± 0,44 (%11,33)
Gövde	0,63 <sup>c</sup> ± 0,23	3,94 ± 1,57 (%29,13)	2,39 ± 1,11 (%11,68)
Çiçek	1,03 <sup>c</sup> ± 0,17	0,32 ± 0,16 (%2,32)	0,32 ± 0,14 (%1,51)
Çiçek	3,14 <sup>b</sup> ± 0,93	0,75 ± 0,42 (%5,51)	2,57 ± 1,92 (%10,12)
Çiçek	1,87 <sup>bc</sup> ± 0,31	0,84 ± 0,73 (%5,57)	1,52 ± 1,30 (%16,08)
Toplam		13,46 (%100,0)	22,85 (%100,0)
<b>Papaveraceae</b>			
<i>Papaver rhoeas</i>			
Yaprak	5,15 <sup>a</sup> ± 1,92	1,28 ± 0,49 (%31,49)	7,00 ± 4,70 (%61,02)
Toprak altı	0,91 <sup>b</sup> ± 0,07	0,29 ± 0,15 (%7,11)	0,26 ± 0,13 (%2,71)
Gövde	1,56 <sup>b</sup> ± 0,79	1,94 ± 0,87 (%47,00)	3,39 ± 2,67 (%27,37)
Çiçek	1,45 <sup>b</sup> ± 0,38	0,59 ± 0,25 (%14,40)	0,85 ± 0,47 (%8,90)
Toplam		4,10 (%100,0)	11,50 (%100,0)
<b>Plantaginaceae</b>			
<i>Plantago lanceolata</i>			
Yaprak	0,52 <sup>a</sup> ± 0,15	0,83 ± 0,45 (%49,80)	0,43 ± 0,29 (%67,91)
Toprak altı	0,13 <sup>b</sup> ± 0,11	0,34 ± 0,12 (%24,59)	0,05 ± 0,04 (%8,26)
Gövde	0,37 <sup>a</sup> ± 0,07	0,29 ± 0,24 (%16,79)	0,10 ± 0,05 (%16,80)
Çiçek	0,31 <sup>ab</sup> ± 0,17	0,14 ± 0,08 (%8,82)	0,04 ± 0,03 (%7,02)
Toplam		1,60 (%100,0)	0,62 (%100,0)

**Çizelge 4.4.** Araştırılan dikotil türlerin organlarında ortalama NRA ( $\mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{KAsaat}^{-1}$ ), kuru ağırlık (g) değerleri ve her organın türün toplam NRA'ya katkısı (Harfler NRA açısından fark gruplarını ifade eder. n=5;  $\alpha$ :0.05) (devam)

### Portulaccaceae

#### *Portulacca oleracea*

Yaprak	5,68 <sup>a</sup> ± 1,48	2,90 ± 0,67 (%32,45)	16,09 ± 3,93 (%73,97)
Toprak altı	0,15 <sup>b</sup> ± 0,04	0,71 ± 0,23 (%7,93)	0,10 ± 0,03 (%0,47)
Gövde	1,17 <sup>b</sup> ± 0,31	4,32 ± 1,52 (%46,94)	4,83 ± 1,24 (%22,85)
Çiçek	0,45 <sup>b</sup> ± 0,11	1,22 ± 0,70 (%12,68)	0,59 ± 0,49 (%2,71)
Toplam		9,15 (%100,0)	21,61 (%100,0)

### Ranunculaceae

#### *Ranunculus ficaria*

Yaprak	1,01 <sup>a</sup> ± 0,22	0,59 ± 0,17 (%31,78)	0,57 ± 0,07 (%62,07)
Toprak altı	0,09 <sup>bc</sup> ± 0,03	0,62 ± 0,30 (%30,38)	0,05 ± 0,03 (%5,14)
Çiçek	0,68 <sup>ab</sup> ± 0,31	0,13 ± 0,05 (%6,40)	0,08 ± 0,03 (%8,31)
Yaprak sapı	0,47 <sup>b</sup> ± 0,11	0,37 ± 0,17 (%19,10)	0,16 ± 0,06 (%17,33)
Ek kök	0,29 <sup>b</sup> ± 0,15	0,23 ± 0,05 (%12,35)	0,07 ± 0,05 (%7,14)
Toplam		1,94 (%100,0)	0,93 (%100,0)

#### *Ranunculus constantinopolitanus*

Yaprak	1,09 <sup>a</sup> ± 0,48	1,00 ± 0,31 (%18,62)	1,05 ± 0,62 (%79,35)
Toprak altı	0,10 <sup>b</sup> ± 0,06	0,36 ± 0,14 (%53,01)	0,04 ± 0,02 (%3,62)
Gövde	0,42 <sup>b</sup> ± 0,09	0,41 ± 0,23 (%20,87)	0,19 ± 0,13 (%13,36)
Çiçek	0,35 <sup>b</sup> ± 0,07	0,16 ± 0,15 (%7,49)	0,06 ± 0,05 (%3,67)
Toplam		1,93 (%100,0)	1,34 (%100,0)

### Scrophulariaceae

#### *Veronica persica*

Yaprak	1,31 <sup>a</sup> ± 0,25	0,10 ± 0,05 (%33,28)	0,14 ± 0,08 (%46,30)
Toprak altı	0,82 <sup>ab</sup> ± 0,23	0,01 ± 0,04 (%4,07)	0,01 ± 0,00 (%4,07)
Gövde	0,90 <sup>ab</sup> ± 0,48	0,15 ± 0,10 (%43,78)	0,14 ± 0,12 (%38,83)
Çiçek	0,54 <sup>b</sup> ± 0,22	0,06 ± 0,05 (%18,87)	0,03 ± 0,01 (%10,80)
Toplam		0,32 (%100,0)	0,32 (%100,0)

### Solonaceae

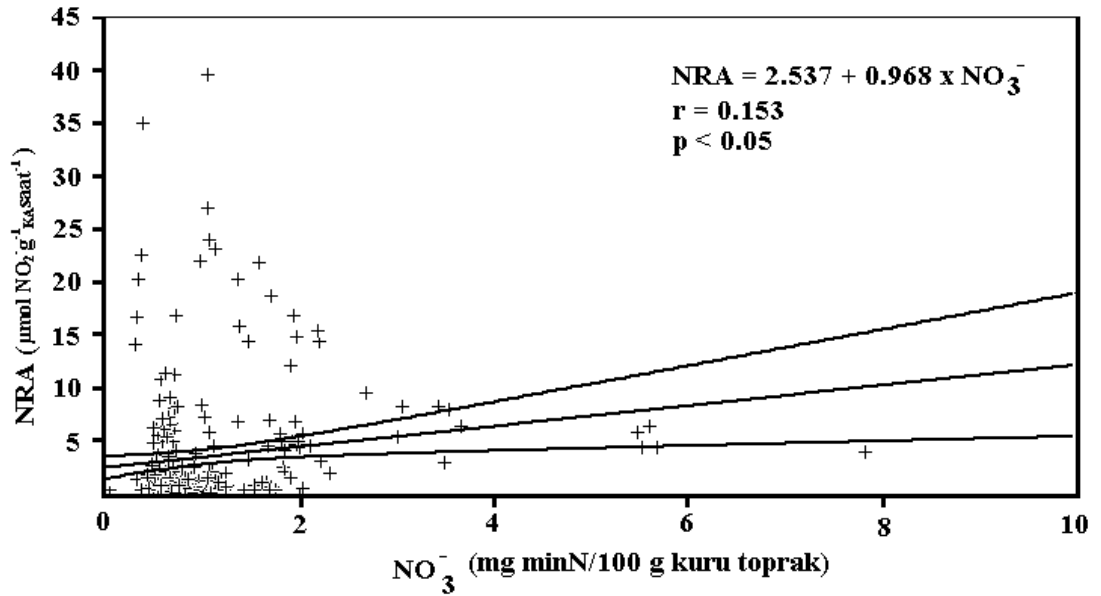
#### *Datura stramonium*

Yaprak	18,24 <sup>a</sup> ± 3,06	7,48 ± 4,62	138,77±91,22
Toprak altı	1,43 <sup>d</sup> ± 1,12	1,99 ± 1,47	2,13 ± 1,43
Gövde	6,37 <sup>c</sup> ± 2,99	4,78 ± 3,80	33,16 ±39,41
Çiçek	3,10 <sup>cd</sup> ± 1,26	0,82 ± 0,50	2,40 ± 1,71
Yaprak sapı	10,66 <sup>b</sup> ± 1,46	1,47 ± 0,75	15,60 ± 8,89
Toplam		16,54	192,06

**Çizelge 4.4.** Araştırılan dikotil türlerin organlarında ortalama NRA ( $\mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{KAsaat}^{-1}$ ), kuru ağırlık (g) değerleri ve her organın türün toplam NRA'ya katkısı (Harfler NRA açısından fark gruplarını ifade eder. n=5;  $\alpha$ :0.05) (devam)

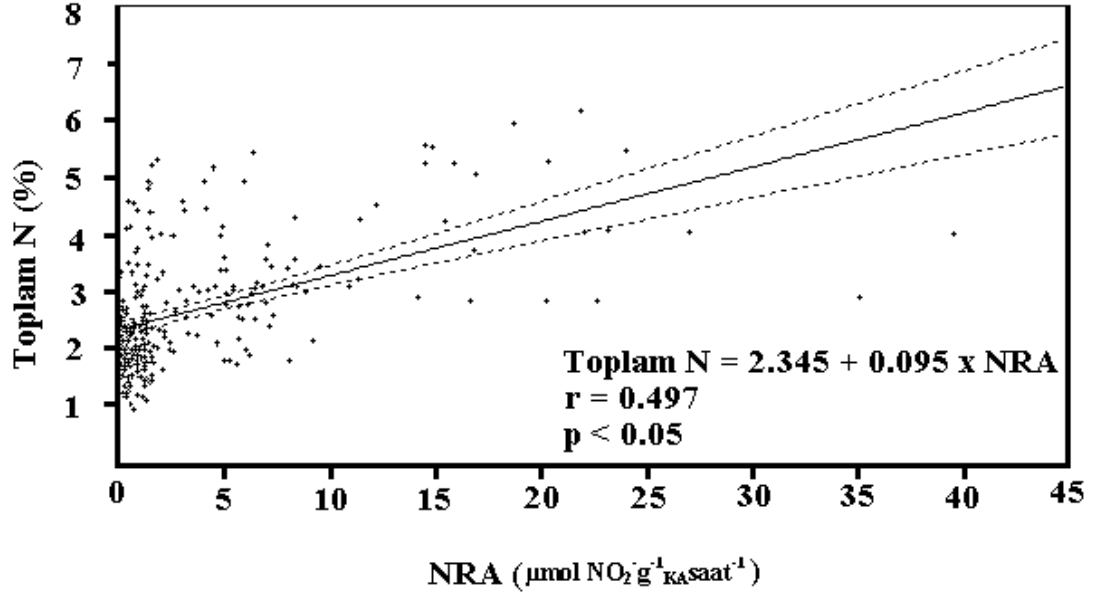
<b>Urticaceae</b>			
<i>Urtica dioica</i>			
Yaprak	21,74 <sup>a</sup> ± 8,12	1,79 ± 0,83(%19,83)	39,53 ±21,11(%92,17)
Toprak altı	0,30 <sup>b</sup> ± 0,09	7,03 ± 5,25 (%63,67)	2,45 ± 2,36 (%5,84)
Gövde	0,38 <sup>b</sup> ± 0,04	1,23 ± 0,63 (%13,05)	0,47 ± 0,23 (%1,16)
Çiçek	1,29 <sup>b</sup> ± 0,27	0,33 ± 0,30 (%3,45)	0,40 ± 0,37 (%0,83)
Toplam		10,38 (%100,0)	42,85 (%100,0)
<b>Zygophyllaceae</b>			
<i>Tribulus terrestris</i>			
Yaprak	5,05 <sup>a</sup> ± 1,01	2,00 ± 0,65 (%38,27)	10,23 ± 4,41 (%45,71)
Toprak altı	1,35 <sup>b</sup> ± 0,39	0,29 ± 0,03 (%6,21)	0,38 ± 0,11 (%1,96)
Gövde	5,61 <sup>a</sup> ± 2,27	1,74 ± 0,90 (%31,31)	8,65 ± 3,17 (%38,83)
Çiçek ve meyve	2,37 <sup>b</sup> ± 0,84	1,37 ± 0,76 (%24,21)	3,15 ± 2,09 (%13,50)
Toplam		5,40 (%100,0)	22,41 (%100,0)

Araştırılan türlerin ortalama yaprak NRA' sı ile toprağın  $\text{NO}_3^-$  N içeriği arasında anlamlı pozitif korelasyon tespit edilmiştir (Şekil 4.1;  $P < 0,05$ ).



**Şekil 4.1.** Araştırılan türlerin topraklarındaki nitrat içeriği ile yapraklarındaki nitrat redüktaz aktivitesi (NRA) arasındaki ilişki

Ayrıca türlerin yaprak nitrat redüktaz aktivitesi ile toplam azot içeriği arasındaki ilişki de anlamlı pozitif ilişkidir (Şekil 4.2;  $P < 0,05$ ).



**Şekil 4.2.** Araştırılan türlerin yapraklarındaki nitrat redüktaz aktivitesi (NRA) ile toplam N içeriği arasındaki ilişki

## 5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Araştırılan türlerin çoğunda yaprak NRA değerlerinin yüksek bulunması, bu türler için ana nitrat indirgeme kısmının yapraklar olduğunu göstermektedir. Nitekim çoğu bitkinin nitratı tercihen yapraklarda indirgediği birçok araştırmacı tarafından da ortaya konulmuştur (Gebauer ve ark. 1988, Arslan ve Gülyüz 2005, Stewart ve ark. 1992). Örneğin Tang ve ark. (2012) Amerika' nın kuzeydoğu ormanlarında yayılış gösteren bazı ağaç türlerinde nitratın çoğunlukla yapraklarda indirgendini bildirmişlerdir. *Rumex obtusifolius* L. türünün farklı organlarındaki nitrat özümleme kapasitesinin araştırıldığı çalışmada da en yüksek NRA bitkinin yapraklarında belirlenmiştir (Gebauer ve ark. 1984).

Bununla birlikte yaprak sapı, çiçek, gövde ve toprakaltı gibi diğer bitki kısımlarında da nitrat indirgeme yeteneği mevcuttur. Ueda ve ark. (2009) *Phyllostachys pubescens* bitkisinde, genç sürgünlerin büyümesi ile dökülmeye başlayan gövde kabuklarının bile yüksek bir nitrat redüktaz aktivitesine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Sakar ve ark. (2010) *Asphodelus aestivus*' un yumrulu kök sisteminin biyomas ve besin rezervi sağlamanın yanında azot metabolizmasında da rol oynadığını ifade etmişlerdir. Farklı organlarda meydana gelen nitrat özümlemesi, bu bitkilere etkili bir nitrat kullanım yeteneği sağlamaktadır. Doğal bitkilerin üreme organlarının sahip olduğu nitrat indirgeme kapasitelerini yansıtan çalışmalar az olmakla beraber bazı araştırmacılar (Arslan ve Gülyüz 2005, Sakar ve ark. 2010) bitkilerin çiçek kısımlarının da nitrat beslenmesinde rol aldığını göstermiştir. Örneğin Arslan ve Gülyüz (2005) tarafından yapılan çalışmada *Galanthus plicatus*, *Muscari neglectum*, *Ornithogalum nutans* ve *Iris suaveolens* gibi türlerde çiçeklerin NRA' sı yüksek bulunmuştur. Bizim çalışmamızda da *Tribulus terrestris*, *Datura stramonium* ve *Convolvulus arvensis*' in çiçeklerindeki nitrat redüktaz aktivitesi, diğer türlerde ölçülenlere kıyasla yüksektir. Bu sonuçlar bozulmuş alanlarda yayılış gösteren türlerin, nitratı etkin bir şekilde kullanabilmesinde bu organların da etkili olduğunu göstermektedir.

NR enzimini düzenleyen çevresel faktörlerden biri ortamdaki nitrat varlığı olduğu için, toprakta artan nitrat konsantrasyonuna bağlı olarak bu enzimin yapraklardaki aktivitesi de artış göstermiştir. Bu yüzden, bir bitkinin nitrat redüktaz aktivitesinin habitattaki nitrat kaynağını yansıttığı varsayılmaktadır (Lee ve Stewart 1978). Nitrat içeriğinin en yüksek olduğu A örneklik alanında yayılış gösteren türlerden *Xanthium strumarium*' un nitrat özümleme kapasitesi yüksek bulunmuştur. Yine aynı alandan alınan *Ecballium elaterium* ve *Chenopodium album* türlerinde de nitrat redüktaz aktivitesi yüksektir. Toprakta artan nitrat içeriği ile türlerin yaprak NRA değerleri arasında bulunan anlamlı pozitif ilişki de bozulmuş alanlar üzerinde gelişen türlerin, toprakta bozulmaya bağlı olarak artan (Vitousek ve ark. 1979) nitratı etkin bir şekilde kullanma eğilimlerinin olduğunu göstermektedir. Nitekim Hipkin ve ark. (1984) nitrat ile uyarılan bazı bitki popülasyonlarında (*Silene dioica*, *Heracleum sphondylium* ve *Stachys sylvatica*) yaprak NRA değerinin arttığını bildirmişlerdir. Odasz (1994)'ın kıyı falezinde üzerinde gelişen 42 bitki türüyle yaptığı araştırmada da, türlerin yaprak NRA' sı, toprağın nitrat içeriğine bağlı olarak artış göstermiştir.

Bununla birlikte toprak nitrat içeriğinin yüksek olduğu alandan alınan *Raphanus raphanistrum* türünün nitrat bağlama kapasitesi düşük bulunmuştur. Bu durum nitrat indirgeme kapasitesinin çevresel etmenlerle birlikte türe özgü olarak değiştiğini ifade etmektedir. Nitekim Arslan ve Güteryüz (2005) nitrat içeriği yüksek habitatlardan alınan farklı türlerde nitrat indirgeme kapasitesinin türe özgü olduğunu göstermiştir. Farklı azot kaynaklarını özümleyebilme yeteneğinin bitki türleri arasında değişim göstermesi (Lee ve Stewart 1978), bazı araştırmacılar tarafından farklı türlerin bir arada yaşayabilmesinde önemli bir etken olarak kabul edilmektedir (Dias ve ark. 2011b, Ohlson ve Högbom 1993).

Araştırma alanında yayılış gösteren çeşitli bitki türlerinin yapraklarındaki nitrat redüktaz aktivitesi bazı araştırmacıların doğal türlerde belirlediği nitrat redüktaz aktivitesi değerlerine benzer bulunmuştur. Örneğin *Centaureum erythraea*' nın yaprak NRA değeri, çeşitli Akdeniz Bölgesi geofitlerinin yapraklarında bulunan değerlere yakındır (Arslan ve Güteryüz 2005). Bununla birlikte *Calepina irregularis*, *Chenopodium botrys*, *Papaver rhoeas*, *Lavatera arborea*, *Geranium asphodeloides* gibi

türlerin yaprak NRA değerleri, Stewart ve ark (1979) tarafından araştırılan halofit bitki türlerine göre ve farklı familyalara ait birçok ruderal türe (Al Gharbi ve Hipkin 1984) kıyasla yüksek bulunmuştur.

Bozulmuş alanlar üzerinde gelişen türlerin yapraklarındaki toplam azot içeriği ile NRA değerleri arasında bulunan anlamlı pozitif ilişki bazı araştırmacıların sonuçları ile paralellik göstermektedir. Ohlson ve Högbom (1993) tarafından bataklık ormanlarında yayılış gösteren vasküler türlerin yapraklarındaki NRA ile toplam azot içeriği arasında pozitif bir ilişki olduğu bildirilmiştir. Granger ve ark. (1994) tarafından yapılan başka bir çalışmada NRA' nın artışına bağlı olarak otsu bitki türlerinde yaprak toplam azot içeriğinin de arttığı ifade edilmiştir.

Dünya' da farklı habitatlarda yayılış gösteren ve bizim çalışmamızda nitrat redüktaz aktivitesini belirlediğimiz türler diğer araştırmacılar tarafından da irdelenmiştir. Örneğin; Gebauer ve ark. (1988) tarafından Orta Avrupa' nın çeşitli doğal alanlarından alınan *Urtica dioica* türünde belirlenen yüksek nitrat özümleme kapasitesi bizim çalışmamızda bu tür için elde edilen NRA değeriyle benzerlik göstermektedir. Al Gharbi ve Hipkin (1984) tarafından yapılan başka bir çalışmada *Urtica dioica* ve *Chenopodium album* türlerinde yaprak NRA değerleri yine yüksek bulunmakla beraber, değerler çalışmamızdaki verilerle kıyaslandığında düşüktür. Aynı durum *Ranunculus ficaria* türü için de geçerlidir (Al Gharbi ve Hipkin 1984). Bunun yanında *Anthemis tinctoria*, *Lamium purpureum* ve *Bromus sterilis* türlerine ait NRA değerleri, Gebauer ve ark. (1988) ve Al Gharbi ve Hipkin (1984)' in sonuçlarıyla karşılaştırıldığında, çalışmamızda bu türlerin nitrat özümleme kapasitesi düşük bulunmuştur. Aynı türlerin farklı nitrat özümleme kapasitesine sahip olması; farklı habitat özelliklerinin, bireysel farklılıkların, örnekleme zamanındaki farklılıkların bir sonucu olabilir.

Fabaceae familyasına ait türler azot kaynağını temin etme yöntemleri bakımından diğer türlerden farklı olup bu türler N<sub>2</sub> fikse edebilen mikroorganizmalarla simbiyotik ilişki kurmaktadır (Gordon ve ark. 2001). Ancak çalışmamızda bu Fabaceae türlerinin sahip olduğu NRA değerleri ve toplam azot içerikleri, *Plantago lanceolata*, *Euphorbia helioscopia* gibi farklı familyalara ait türlerinkine benzer



düzeylerde bulunmuştur. Elde edilen bu sonuçlar Fabaceae üyelerinin fiske edilen azotu kullanmalarının yanı sıra, toprakta var olan nitratı da alma ve özümleme eğilimlerinin olduğunu göstermektedir. Gebauer ve ark. (1988) bu durumun simbiyotik azot fiksasyonunun nitrat özümlemesinden daha fazla enerji gerektiren bir süreç olmasından kaynaklanmış olabileceğini ifade etmişlerdir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar nitratın bozulmuş alanlarda yayılış gösteren türlerin çoğunlukla yapraklarında özümlendiğini göstermekle birlikte üreme organları da dahil diğer bitki kısımlarının da türün nitrat beslenmesine katkı sağladığını ortaya koymaktadır. Ayrıca bu sonuçlar yüksek nitrat özümleme yeteneğine sahip *Datura stramonium*, *Xanthium strumarium*, *Urtica dioica*, *Ecbalium elaterium* gibi türlerin, bozulmuş alanlarda meydana gelebilecek nitrat kayıplarının azaltılmasında ekolojik bir öneme sahip olduğunu ifade etmektedir. Nitekim Akdeniz bölgesi ekosistemlerinde yapılan çalışmalarda bazı geofit ve maki türlerinin etkin nitrat özümleme kapasiteleri vasıtasıyla nitrat kayıplarının azalmasında katkılarının olabileceği vurgulanmıştır (Arslan ve Güteryüz 2005, Arslan ve ark. 2009, Sakar ve ark. 2010). Nitrat kayıplarını azaltmalarının yanı sıra, bu bitkiler yüksek biyomas verimi, erozyonu azaltma gibi çeşitli özellikleri ile bozulmuş olan alanlarda doğal süksesyonu destekleyen öncü türler olup bozulmuş alanların tamirinde rol oynamaktadırlar. Örneğin endemik *Verbascum* L. türlerinin sahip olduğu yüksek biyomas üretiminin toprak organik maddesine büyük oranda katkı sağladığı ve yol kenarı, bina ve maden ocağı çevresi gibi bozulmuş alanların onarımında rol aldıkları ifade edilmiştir (Güteryüz ve Arslan 2001). Elde ettiğimiz sonuçlar, bozulmuş alanlar üzerinde gelişen bitki türlerinin azot beslenmesi hakkında temel bilgiler vermekte ve bu türlerin bozulmuş alanlarda gerçekleşen doğal süksesyon sürecindeki rollerini yansıtmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Al Gharbi, A., Hipkin, C.R. 1984.** Studies on nitrate reductase in British Angiosperms. I. A comparison of nitrate reductase activity in ruderal, woodland-edge and woody species. *New Phytologist*, 97: 629- 639.
- Alvarado, J.J., Ruiz, J.M., López-Cantarero, I., Molero, J., Romero, L. 2000.** Nitrogen metabolism in five plant species characteristic of gypsiferous soils. *Journal of Plant Physiology*, 156: 612- 616.
- Arslan, H., Güteryüz, G. 2002.** Yüksek bitkilerde azotun asimilasyonu. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(1): 13- 30.
- Arslan, H., Güteryüz, G. 2005.** A study on nitrate reductase activity (NRA) of geophytes from Mediterranean environment. *Flora*, 200: 434- 443.
- Arslan, H., Kırmızı, S., Sakar, F.S., Güteryüz, G. 2009.** Akdeniz bitki coğrafyası bölgesinde yayılış gösteren bazı çalı türlerinde nitrat redüktaz aktivitesi (NRA). *Ekoloji* 18(71): 49- 56.
- Aslam, M., Travis-Robert, L., Rains, D.W., Huffaker, R.C. 1997.** Differential effect of ammonium on the induction of nitrate and nitrite reductase activities in roots of barley (*Hordeum vulgare*) seedlings. *Physiologia Plantarum*, 101: 612- 619.
- Atkin, O.K., Villar, R., Cummins, W.R. 1993.** The ability of several high arctic plant species to utilize nitrate nitrogen under field conditions. *Oecologia*, 96: 239- 245.
- Beevers, L., Hageman, R.H., 1983.** Uptake and reduction of nitrate: Bacteria and Higher Plants. In: A. Lauchli, R.L. Bielecki (Editors), *Encyclopedia of Plant Physiology*, New Series. Vol:15a, p.351-37.
- Bijlsma, R.J., Lambers, H., Kooijman, S.A.L.M. 2000.** A dynamic whole- plant model of integrated metabolism of nitrogen and carbon. 1. Comparative ecological implications of ammonium- nitrate interactions. *Plant and Soil*, 220: 49- 69.
- Black, B.L., Fuchigami, L.H., Coleman, G.D. 2002.** Partitioning of nitrate assimilation among leaves, stems and roots of poplar. *Tree Physiology*, 22: 717- 724.
- Bloom, A. J., Burger, M., Rubio- Asensio, J.S., Cousins, A.B. 2010.** Carbon dioxide enrichment inhibits nitrate assimilation in wheat and *Arabidopsis*. *Science* 328: 899- 903.
- Booth, M.S., Stark, J.S., Hart, S.C. 2006.** Soil-mixing effects on inorganic nitrogen production and consumption in forest and scrubland soils. *Plant and Soil*, 289: 5- 15.

**Britto, D. T., Kronzucker, H. J. 2002.**  $\text{NH}_4^+$  toxicity in higher plants: a critical review. *J. Plant Physiol.*, 159: 567- 584.

**Cantliffe, D.J. 1972.** Nitrate accumulation in spinach grown under different light intensities. *Journal of the American Society for Horticultural Sci.*, 97: 152- 154.

**Cazetta, J.O., Villela, L.C.V. 2004.** Nitrate reductase activity in leaves and stems of tanner grass (*Brachiaria radicans* Napper). *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, 61(6): 640-648.

**Chapin III, F.S., Bloom, A.J., Field, C.B., Waring, R.H. 1987.** Interactions of environmental factors in controlling plant growth. *Bioscience*, 37: 49- 57.

**Chapin III, F.S., Moilanen, L., Kielland, K. 1993.** Preferential use of organic nitrogen for growth by a non-mycorrhizal arctic sedge. *Nature*, 361: 150- 153.

**Constable J.V.H., BassiriRad H., Lussenhop J., Zerihun, A. 2001.** Influence of elevated  $\text{CO}_2$  and mycorrhizae on nitrogen acquisition: contrasting responses in *Pinus taeda* and *Liquidambar styraciflua*. *Tree Physiol*, 21: 83- 91.

**Cott, G.M., Chapman, D.V., Jansen, M.A.K. 2014.** Differences in nitrogen-assimilating enzyme activity in halophyte species are habitat-related. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 177: 705- 713.

**Cousins, A.B., Bloom, A.J. 2003.** Influence of elevated  $\text{CO}_2$  and nitrogen nutrition on photosynthesis and nitrate photoassimilation in maize (*Zea mays* L.). *Plant Cell Environ.*, 26: 1525- 1530.

**Crawford, N.M. 1995.** Nitrate: Nutrient and signal for plant growth. *Plant Cell*, 7: 859-868.

**Cruz, C.M., Soares, M.I.M., Martins-Loução, M.A., Lips S.H. 1991.** Nitrate reduction in seedlings of carob (*Ceratonia siliqua* L.). *New Phytologist*, 119: 413- 419.

**De Bona, F.D., Fedoseyenko, D., Von Wirén, N., Monteiro, F.A. 2011.** Nitrogen utilization by sulfur-deficient barley plants depends on the nitrogen form. *Environmental and Experimental Botany*, 74: 237- 244.

**De Brito, D.D.M.C., dos Santos, C.D., Gonçalves, F.V., Castro, R.N., de Souza, S.R. 2013.** Effects of nitrate supply on plant growth, nitrogen, phosphorus and potassium accumulation, and nitrate reductase activity in crambe. *Journal of Plant Nutrition*, 36: 275- 283.

**Dechorgnat, J., Nguyen, C. T., Armengaud, P., Jossier, M., Diatloff, E., Filleur, S., Daniel-Vedele, F. 2011.** From the soil to the seeds, the long journey of nitrate in plants. *J. Exp. Bot.*, 62: 1349- 1359.

- Dias, T., Malveiro, S., Martins-Loução, M.A., Sheppard, L.J., Cruz, C. 2011a.** Linking N-driven biodiversity changes with soil N availability in a Mediterranean ecosystem. *Plant Soil*, 341: 125- 136.
- Dias, T., Neto, D., Loução, M.A.M., Sheppard, L., Cruz, C. 2011b.** Patterns of nitrate reductase activity vary according to the plant functional group in a Mediterranean maquis. *Plant and Soil*, 347: 363- 376.
- Ellenberg, H. 1977.** Stickstoff als Standortsfaktor, insbesondere für mitteleuropäische Pflanzengesellschaften. *Oecologia Plantarum*, 12: 1- 22.
- Ellenberg, H. 1979.** Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas Scripta Geobotanica. Bd 9. Goltze. Göttingen.
- Engelaar, W.M.H.G., Visser, E.J.W., Veen, B.W., Blom, C.W.P.M. 1995.** Contents, uptake rates and reduction of nitrate of *Rumex palustris* and *Plantago major* spp. *major* grown on compacted soil. *Functional Ecology*, 9: 334- 339.
- Foster, M.M., Vitousek, P.M., Randolph, P.A. 1980.** The effects of ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) on nutrient cycling in a 1st-year old-field. *American Midland Naturalist*, 103: 106- 113.
- Gebauer, G., Melzer, A., Rehder, H. 1984.** Nitrate content and nitrate reductase activity in *Rumex obtusifolius* L. I. Differences in organs and diurnal changes. *Oecologia*, 63: 136- 142.
- Gebauer, G., Schulze, E.D. 1997.** Nitrate nutrition of Central European forest trees. In: H. Rennenberg, W. Eschrich, H. Ziegler (Editors), *Trees-Contributions to Modern Tree Physiology*. Blackhuys Publ., Lieden, p.273- 291.
- Gebauer, G., Rehder, H., Wollenweber, B. 1988.** Nitrate, nitrate reduction and organic nitrogen in plants from different ecological and taxonomic groups of Central Europe. *Oecologia*, 75: 371-385.
- Geiger M., Haake V., Ludewig F., Sonnewald U., Stitt, M. (1999).** The nitrate and ammonium nitrate supply have a major influence on the response of photosynthesis, carbon metabolism, nitrogen metabolism and growth to elevated carbon dioxide in tobacco. *Plant Cell Environ.*, 22: 1177–1199.
- Gerlach, A. 1973.** Methodische Untersuchungen zur Bestimmung der Stickstoffnetto-mineralisation. *Scr. Geobot* (Göttingen) 5.
- Gordon T, Lea PJ, Rosenberg C, Trinchnat JC. 2001.** Nodule formation and function. In: Lea P, Morot-Gaudry JF (Editors). *Plant nitrogen*. Berlin: Springer-Verlag, 101- 146.
- Granger, L., Kasel, S., Adams, M.A. 1994.** Tree decline in southeastern Australia: Nitrate reductase activity and indications of unbalanced nutrition in *Eucalyptus ovata*

(Labill.) and *E. Camphora* (R.T. Baker) communities at Yellingbo, Victoria, *Oecologia*, 98: 221- 228.

**Grime, J.P. 1979.** Plant strategies and vegetation processes. John Willey & Son, Chichester. New York, pp. xi + 222.

**Güleryüz, G. 1992.** Uludağ Alpin Zonu bazı bitki topluluklarında besin maddesi dolaşımı ve verimlilik üzerinde araştırmalar. *Doktora Tezi*, UÜ, Biyoloji Anabilim Dalı, Bursa.

**Güleryüz, G., Arslan, H. 1999.** Nitrate reductase activity in *Verbascum* L. species from the Eastern Mediterranean in dependence on altitude. *Turkish Journal of Botany*, 23: 89- 96.

**Güleryüz, G., Arslan, H. 2001.** A study on biomass production of three endemic *Verbascum* L. species (Scrophulariaceae) from East Mediterranean. *Perspectives in Environmental Sciences*, 3: 1- 6.

**Hageman, R.H., Hucklesby, D.P. 1971.** Nitrate reductase from higher plants: Methods in Enzymology, Ed.: A. San Pietro, Academic Press, Vol. 23, London, New York, p.491- 503.

**Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Moller, I.S., White, P. 2012.** Functions of Macronutrients. In: P. Marschner (Editor), *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, 3rd Print*, London: Elsevier, 135–178.

**Haynes, R.J. 1986.** Uptake and assimilation of mineral nitrogen by plants. In: R.J. Haynes (Editor), *Physiological Ecology. A series of Monographs, Texts and Treatises. Mineral Nitrogen in the plant-soil system* Academic Press. London and Orlando, p. 303-362.

**Hipkin, C.R., Al Gharbi, A., Robertson, K.P. 1984.** Studies on nitrate reductase in British Angiosperms II: Variations in nitrate reductase activity in natural populations. *New Phytologist*, 97: 641- 651.

**Ho C.H., Lin S.H., Hu H.C., Tsay Y.F. 2009.** CHL1 functions as a nitrate sensor in plants. *Cell*, 138: 1184- 1194.

**Horchani, F., Hajri, R., Aschi-Smiti, S. 2010.** Effects of ammonium or nitrate nutrition on photosynthesis, growth, and nitrogen assimilation in tomato plants. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 173: 610- 617.

**Högberg, P., Granström, A., Johansson, T., Lundmark-Thelin, A., Nasholm, T. 1986.** Plant nitrate reductase activity as an indicator of availability of nitrate in forest soils. *Can. J. For. Res.*, 16: 1165- 1169.

**Hu, Y., Fernández, V., Ma, L. 2014.** Nitrate transporters in leaves and their potential roles in foliar uptake of nitrogen dioxide. *Frontiers in Plant Science*, 5: 360.

- Hu, Y.L., Zeng, D.H., Liu, Y.X., Zhang, Y.L., Chen, Z.H., Wang, Z.Q. 2010.** Responses of soil chemical and biological properties to nitrogen addition in a Dahurian larch plantation in Northeast China. *Plant Soil*, 333: 81- 92.
- Jaworski, E.G. 1971.** Nitrate reductase assays in intact plant tissues. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 43: 1274- 1279.
- Jiao, G., Barbaras, N.K., Lips, S.H. 2000.** Nitrate uptake, storage and reduction along the root axes of barley seedlings. In: Nitrogen in a sustainable Ecosystem- from the Cell to the plant (ed. M.A. Martins- Loncao). Kluwer, Amsterdam, pp. 1- 8.
- Khan, M.G., Silberbush, M. 1998.** Changes in growth and nitrogen assimilation in maize plants induced by NaCl and growth regulators. *Biologia Plantarum*, 41: 93- 99.
- Kojima, S., Bohner, A., Gassert, B., Yuan, L., von Wirén, N. 2007.** AtDUR3 represents the major transporter for high-affinity urea transport across the plasma membrane of nitrogen-deficient *Arabidopsis* roots. *Plant J.* 52, 30–40.
- Koyama, L., Hirobe, M., Koba, K. 2013.** Nitrate-use traits of understory plants as potential regulators of vegetation distribution on a slope in a Japanese cedar plantation. *Plant Soil*, 362: 119- 134.
- Koyama, L., Tokuchi, N., Fukushima, K., Terai, M., Yamamoto, Y. 2008.** Seasonal changes in nitrate use by three woody species: the importance of the leaf- expansion period. *Trees*, 22: 851- 859.
- Kronzucker, H.J., Glass, A.D.M., Siddiqi, M.Y. 1995.** Nitrate induction in spruce: an approach using compartmental analysis. *Planta*, 196: 683- 690.
- Larios B., Aguera E., de la Haba P., Perez-Vicente R., Maldonado, J.M. 2001.** A short-term exposure of cucumber plants to rising atmospheric CO<sub>2</sub> increases leaf carbohydrate content and enhances nitrate reductase expression and activity. *Planta*, 212: 305- 312.
- Lee, J.A., Stewart, G.R. 1978.** Ecological aspects of nitrogen assimilation. *Advances in Botanical Research*, 6: 1- 43.
- Lillo, C. 1994.** Light regulation of nitrate reductase in green leaves of higher plants. *Physiol. Plant.*, 90: 616- 620.
- Lillo, C., Henriksen, A. 1984.** Comparative studies of diurnal variations of nitrate reductase activity in wheat, oat and barley. *Physiol. Plant*, 62: 89- 94.
- Liu, X.Y., Koba, K., Makabe, A., Liu, C.Q. 2014.** Nitrate Dynamics in natural plants: insights based on the concentration and natural isotope abundances of tissue nitrate. *Frontiers in Plant Science*, 5: 355.

- Lohdi, M.A.K., Rues, R.W. 1988.** Variation in soil nitrifiers and leaf nitrate reductase activity of selected tree species in a forest community. *Soil. Biol. Biochem.*, 20: 939-943.
- Malagoli, M., Dal Canal, A., Quaggiotti, S., Pegoraro, P., Bottacin, A. 2000.** Differences in nitrate and ammonium uptake between Scots pine and European larch. *Plant and Soil*, 221: 1- 3.
- Marks, P.L., Bormann, F.H. 1975.** Revegetation following forest cutting: mechanisms for return to steady state nutrient cycling. *Science*, 176: 914- 915.
- Marschner, H. 1995.** Mineral nutrition of higher plants. 2nd Print. Academic Press. London.
- Martinez-Espinosa, R.M., Cole, J.A., Richardson, D.J. Watmough, N.J. 2011.** Enzymology and ecology of the nitrogen cycle. *Biochem. Soc. Trans*, 39: 175- 178.
- Mata, C., van Vemde, N., Clarkson, D.T., Martins-Loução, M.A., Lambers, H. 2000.** Influx, efflux and net uptake of nitrate in *Quercus suber* seedlings. *Plant Soil*, 221: 25- 32.
- Matt, P., Geiger, M., Walch-Liu, P., Engels, C., Krapp, A., Stitt, M. 2001.** Elevated carbon dioxide increases nitrate uptake and nitrate reductase activity when tobacco is growing on nitrate, but increases ammonium uptake and inhibits nitrate reductase activity when tobacco is growing on ammonium nitrate. *Plant Cell Environ.*, 24: 1119-1137.
- Melzer, A., Gebauer, G., Rehder, H. 1984.** Nitrate content and nitrate reductase activity in *Rumex obtusifolius*. II. Responses to nitrate starvation and nitrogen fertilization. *Oecologia*, 63: 380- 385.
- Miller, A. J., Smith, S. J. 1996.** Nitrate transport and compartmentation in cereal root cells. *J. Exp. Bot.*, 47: 843- 854.
- Miller, A.E., Bowman, W.D. 2003.** Alpine plants show species-level differences in the uptake of organic and inorganic nitrogen. *Plant and Soil*, 250: 283- 292.
- Miller, A.J. and Cramer, M.D. 2004.** Root nitrogen acquisition and assimilation. *Plant Soil* 274: 1- 36.
- Näsholm, T., Kielland, K., Ganeteg, U. 2009.** Uptake of organic nitrogen by plants. *New Phytol.*, 182: 31- 48.
- Natali, S.M., Sañudo-Wilhelmy, S.A., Lerdau, M.T. 2009.** Effects of elevated carbon dioxide and nitrogen fertilization on nitrate reductase activity in sweetgum and loblolly pine trees in two temperate forests. *Plant and Soil*, 314: 197- 210.

- Nicodemus, M.A., Salifu, K.F., Jacobs, D.F. 2008.** Nitrate reductase activity and nitrogen compounds in xylem exudate of *Juglans nigra* seedlings: relation to nitrogen source and supply. *Trees*, 22: 685- 695.
- Nordin, A., Näsholm, T. 1997.** Nitrogen storage forms in nine boreal understory plant species. *Oecologia*, 110: 487- 492.
- Odasz, A.M. 1994.** Nitrate reductase activity in vegetation below an arctic bird cliff, Svalbard, Norway. *Journal of Vegetation Science*, 5: 913- 920.
- Ogawa, K., Shiraishi, N., Ida, S., Nakagawa, H., Komamine, A. 1999.** Effects of glutamine on the induction of nitrate reductase and nitrite reductase in cultured spinach cells. *Journal of Plant Physiology*, 154: 46- 50.
- Ohlson, M., Högbom, L. 1993.** Species-specific dynamics in nitrate reductase activity in coexisting swamp forest plants. *Journal of Ecology*, 81: 739- 744.
- Olsson, M.O., Falkengren- Grerup, U. 2003.** Partitioning of nitrate uptake between trees and understory in oak forests. *Forest Ecology and Management*, 179: 311- 320.
- Owen, A. G., Jones, D. L. 2001.** Competition for amino acids between wheat roots and rhizosphere microorganisms and the role of amino acids in plant N acquisition. *Soil Biol. Biochem.*, 33: 651- 657.
- Öztürk, M., Pirdal, M., Özdemir, F. 1997.** Bitki ekolojisi uygulamaları, Ege Üniversitesi Fen Kitapları Serisi No:157, 129s., İzmir.
- Peuke, A.D., Gessler, A., Tcherkez, G. 2013.** Experimental evidence for diel  $\delta^{15}\text{N}$ -patterns in different tissues, xylem and phloem saps of castor bean (*Ricinus communis* L.). *Plant Cell Environ.*, 36, 2219- 2228.
- Pickett, S.T.A., White, P.S. 1985.** Patch dynamics: a synthesis. In: The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press, Orlando, pp 371- 384.
- Pilbeam, D.J., Jan, A.U. 1999.** Root absorption and assimilation of inorganic nitrogen. In: H.S. Srivastava, R.P. Singh (Editors), Nitrogen Nutrition and Plant Growth, Science Publishers, Inc., p.23-43.
- Pinto, E., Fidalgo, F., Teixeira, J., Aguiar, A.A., Ferreira, I.M.P.L.V.O. 2014.** Influence of the temporal and spatial variation of nitrate reductase, glutamine synthetase and soil composition in the N species content in lettuce (*Lactuca sativa*). *Plant Science*, 219- 220: 35- 41.
- Piwpuan, N., Zhai, X., Brix, H. 2013.** Nitrogen nutrition of *Cyperus laevigatus* and *Phormium tenax*: Effects of ammonium versus nitrate on growth, nitrate reductase activity and N uptake kinetics. *Aquatic Botany*, 106: 42- 51.



- Riens, B., Heldt, H. W. 1992.** Decrease of nitrate reductase activity in spinach leaves during a light-dark transition. *Plant Physiol.*, 89: 573- 577.
- Sanchez, J., Heldt, H.W. 1990.** On the regulation of spinach nitrate reductase. *Plant Physiol*, 92: 684- 689.
- Sakar, F.S. 2009.** *Asphodelus aestivus* Brot. türünün nitrat özümlemesi üzerinde araştırmalar. *Y. Lisans Tezi*, UÜ, Biyoloji Anabilim Dalı, Bursa.
- Sakar, F.S., Arslan, H., Kırmızı, S., Güteryüz, G. 2010.** Nitrate reductase activity (NRA) in *Asphodelus aestivus* Brot. (Liliaceae): distribution among organs, seasonal variation and differences among populations. *Flora*, 205: 527- 531.
- Santucci, D.M., Haas, B., Smarrelli J.J. 1995.** Regulation of the inducible soybean nitrate reductase isoform in mutants lacking constitutive isoform(s). *Biochimica et Biophysica Acta*, 1247: 46- 50.
- Scheurwater, I., Koren, M., Lambers, H., Atkin, O. K. 2002.** The contribution of roots and shoots to whole plant nitrate reduction in fast- and slow-growing grass species. *J. Exp. Bot.*, 53: 1635- 1642.
- Schmidt, S., Stewart, G.R., Turnbull, M.H., Erskine, P.D., Ashwath, N. 1998.** Nitrogen relations of natural and disturbed plant communities in tropical Australia. *Oecologia*, 117: 95- 104.
- Searles, P.S, Bloom, A.J. 2003.** Nitrate photo-assimilation in tomato leaves under short-term exposure to elevated carbon dioxide and low oxygen. *Plant Cell Environ.*, 26: 1247- 1255.
- Sicher, R.C. 2001.** Responses of nitrogen metabolism in N sufficient barley primary leaves to plant growth in elevated atmospheric carbon dioxide. *Photosynth Res.*, 68: 193- 201.
- Sivasangar, S., Oaks, A. 1995.** Regulation of nitrate reductase during early seedling growth. *Plant Physiology*, 107: 1225- 1231.
- Solomonson, L.P., Barber, M.J. 1990.** Assimilatory nitrate reductase: functional properties and regulation. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Molecular Biology*, 41: 225- 253.
- Stadler, J., Gebauer, G. 1992.** Nitrate reduction and nitrate content in ash trees: distribution between compartments, site comparison and seasonal variation. *Trees*, 6: 236- 240.
- Stewart, G.R., Joly, C.A., Smirnoff, N. 1992.** Partitioning of inorganic nitrogen assimilation between the roots and shoots of cerrado and forest trees of contrasting plant communities of South East Brasil. *Oecologia*, 91: 511- 517.

- Stewart, G.R. Lee, J.A., Orebamjo, T.O. 1979.** Nitrogen Metabolism of Halophytes. II. Nitrate Availability and Utilization. *New Phytol.*, 72: 539- 546.
- Stitt, M. 1999.** Nitrate regulation of metabolism and growth. *Current Opinion in Plant Biology*, 2: 178- 186.
- Tang, M.H., Porder, S., Lovett, G.M. 2012.** Species differences in nitrate reductase activity are unaffected by nitrogen enrichment in northeastern US forest. *Forest Ecology and Management*, 275: 52- 59.
- Tarımcılar, G. 1992.** Flora of Uludağ University campus area, *Msc thesis*, University of Uludağ, Bursa.
- Tischner, R. 2000.** Nitrate uptake and reduction in higher and lower plants. *Plant, Cell and Environment*, 23: 1005- 1024.
- Toselli, M., Flore, J.A., Marangoni, B., Masia, A. 1999.** Effects of root- zone temperature on nitrogen accumulation by nonbearing apple trees. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 74: 118- 124.
- Trémolières, M. 2004.** Plant response strategies to stress and disturbance: the case of aquatic plants. *J. Biosci.*, 29(4): 461- 470.
- Tsay, Y. F., Chiu, C. C., Tsai, C. B., Ho, C. H., Hsu, P. K. 2007.** Nitrate transporters and peptide transporters. *FEBS Lett.*, 581: 2290- 2300.
- Ueda, M.U., Tokuchi, N., Ogawa, R. 2009.** High nitrate reductase activity in sprouts of *Phyllostachys pubescens*. *J. For. Res.*, 14: 55- 57.
- Vitousek, P.M., Gozs, J.R. Grier, C.C. Melillo, M.M. Reiners, W.A., Todd, L. 1979.** Nitrate losses from disturbed ecosystems. *Science*, 204: 469- 474.
- Vitousek, P.M., Howarth, R.W. 1991.** Nitrogen limitation on land and in the sea: How can it occur? *Biogeochemistry*, 13: 87- 115.
- Widmann, K., Gebauer, G., Rehder, H., Ziegler, H. 1993.** Fluctuations in nitrate reductase activity, and nitrate and organic nitrogen concentrations of succulent plants under different nitrogen and water regimes. *Oecologia*, 94: 146- 152.
- Xie, J., Bai, X., Li, Y., Sun, C., Qian, H., Fu, Z. 2014.** The effect of glufosinate on nitrogen assimilation at the physiological, biochemical and molecular levels in *Phaeodactylum tricornutum*. *Ecotoxicology*, 23: 1430- 1438.
- Yang, X.Y., Wang X.F., Wei, M., Yang, F.J., Shi, Q.H. 2010.** Changes of nitrate reductase activity in cucumber seedlings in response to nitrate stress. *Agricultural Sciences in China*, 9(2): 216- 222.

**Yao, B., Cao, J., Zhao, C., Rengel, Z. 2011.** Influence of ammonium and nitrate supply on growth, nitrate reductase activity and N-use efficiency in a natural hybrid pine and its parents. *Journal of Plant Ecology*,4(4): 275-282.

**Yu, X.Z., Zhang, F.Z. 2012.** Activities of nitrate reductase and glutamine synthetase in rice seedlings during cyanide metabolism. *Journal of Hazardous Materials*, 225- 226: 190-194.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ayça ÇİÇEK

Doğum Yeri ve Tarihi : Erzurum, 11/10/1989

Yabancı Dili : İngilizce

### Eğitim Durumu

Lise : Bursa Cumhuriyet Lisesi (2003-2007)

Lisans : Dumlupınar Üniversitesi Biyoloji Bölümü (2007-2011)

Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (2012 - )

İletişim (e-posta) : ayca.cicek@gmail.com