



## Kestane Çeşitlerinin Azot Özümleme Kapasitesinin Değerlendirilmesi

### Evaluation of Nitrogen Assimilation Capacity of Chestnut Cultivars

Başak MÜFTÜOĞLU<sup>1</sup>, Ayşegül AKPINAR<sup>2</sup>, Cevriye MERT<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bursa  
· basakmuftuoğlu@gmail.com · ORCID > 0000 0003 1059 7042

<sup>2</sup>Uludağ Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, Bursa  
· aysegulakpinar@uludag.edu.tr · ORCID > 0000 0002 4606 0645

<sup>3</sup>Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bursa  
· cevmer@uludag.edu.tr · ORCID > 0000 0003 3092 5023

#### Makale Bilgisi/Article Information

**Makale Türü/Article Types:** Araştırma Makalesi/Research Article

**Geliş Tarihi/Received:** 25 Ocak/January 2023

**Kabul Tarihi/Accepted:** 04 Temmuz/July 2023

**Yıl/Year:** 2023 | **Cilt-Volume:** 38 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 459-472

**Atıf/Cite as:** Müftüoğlu, B., Akpınar, A., Mert, C. "Kestane Çeşitlerinin Azot Özümleme Kapasitesinin Değerlendirilmesi"  
Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 38(3), Ekim 2023: 459-472.

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Başak MÜFTÜOĞLU

## KESTANE ÇEŞİTLERİNİN AZOT ÖZÜMLEME KAPASİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

### ÖZ

Azot metabolizması bitkilerin temel fizyolojik süreçlerinden biridir ve büyüme ile doğrudan ilişkilidir. Azot metabolizmasında anahtar enzim olan Nitrat Redüktaz'ın (NR) aktivitesi, nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) kaynaklı azot alınımının bir göstergesi olarak kabul edilir. Bitkiler azotu topraktan nitrat ya da amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ) olarak alabilir, ancak hangi azot kaynağının bitkinin büyüme ve gelişiminde etkili olduğu bitkiye göre değişiklik gösterir. Bu çalışmanın amacı, aynı ekolojik koşullar altında yetiştiriciliği yapılan farklı bölgelerde seleksiyon çalışmaları ile öne çıkan dört kestane çeşidinde ('Alimolla', 'Sarıkestane', 'N-23-1' ve 'Erfelek') azot özümleme kapasitesi ve NR aktivitesinin varlığının belirlenmesidir. Bu amaçla, çeşitlerden Mayıs-Ekim ayları arasında aylık alınan yaprak örneklerinde kuru ağırlık, klorofil (SPAD), toplam azot (N) içeriği ve NR aktivitesi belirlenmiştir. Ayrıca örnek alım zamanında çeşitlerin fenolojik evreleri de kayıt edilmiştir. İncelenen parametreler dönemsel olarak istatistiksel anlamda farklılık göstermiştir. Kestane çeşitlerinin azot özümleme yeteneğinin birbirinden farklı olduğu, toplam azot içeriğinin 'Alimolla' çeşidinde en yüksek, 'Sarıkestane', 'N-23-1' ve 'Erfelek' çeşitlerinde ise benzer düzeyde olduğu belirlenmiştir. Toplam azot içeriği ağaç biyokütlesi ile ilişkili bulunmuş ve 'Alimolla' çeşidinde ağaç hacmi ve ağaç gövde çapının en yüksek boyutlarda olduğu saptanmıştır. Kestane çeşitlerinde NR aktivitesinin varlığı belirlenmiş, en yüksek NR aktivitesinin 'Erfelek' çeşidinde olduğu tespit edilmiştir. NR, nitrat varlığına duyarlı bir enzim olduğu için, kestane çeşitlerinde nitrat kaynaklı gübrelemenin etkili olacağı düşünülmektedir. Kestane çeşitlerinin fizyolojik özelliklerinin ortaya çıkarılması ve işleyişinin öğrenilmesi açısından bulgular önemlidir.

**Anahtar Kelimeler:** Azot Asimilasyonu, Biyokütle, Kestane, Nitrat Redüktaz Aktivitesi (NRA).



## EVALUATION OF NITROGEN ASSIMILATION CAPACITY OF CHESTNUT CULTIVARS

### ABSTRACT

Nitrogen metabolism is one of the basic physiological processes of plants and is directly related to growth. The activity of nitrate reductase (NR), which is the key enzyme for nitrogen assimilation, is regarded as an indicator of nitrogen metabolism based on nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ). Plants can take up nitrogen as both nitrate ( $\text{NO}_3^-$ )

and ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), but the absorption characteristics of each nitrogen source differ between plant types. The aim of this study is to determine the nitrogen assimilation capacity and the presence of NR activity in four chestnut cultivars ('Alimolla', 'Sarikestane', 'N-23-1' and 'Erfelek'), which are prominent in different areas where they are cultivated under the same ecological conditions. For this purpose, dry weight, chlorophyll (SPAD), total nitrogen (N) content and NR activity were determined in monthly leaf samples taken from the varieties between May and October. In addition, the phenological stages of the cultivars were recorded at the time of sampling. The analyzed parameters differed statistically from time to time. It was determined that the nitrogen assimilation ability of chestnut cultivars was different from each other, the total nitrogen content was highest in 'Alimolla' cultivar, and similar in 'Sarikestane', 'N-23-1' and 'Erfelek' cultivars. It was determined that the total nitrogen content was related to the tree biomass and the tree volume and tree trunk diameter were the highest in the cultivar 'Alimolla'. The presence of NR activity in chestnut cultivars was determined, and it was determined that the highest NR activity was in 'Erfelek' cultivar. Since NR is an enzyme sensitive to the presence of nitrate, nitrate-based fertilization is thought to be effective in chestnut cultivars. The findings are important in terms of revealing the physiological characteristics of chestnut cultivars and learning their functioning.

**Keywords:** Biomass, Chestnut, Nitrogen Assimilation, Nitrate Reduction Activity (NRA).



## 1. GİRİŞ

Kestane, yüksek besin ve ticari değeri nedeniyle dünya çapında yaygın olarak tüketilen bir meyve türüdür. Coğrafi dağılımına göre kestane çeşitleri başlıca üç bölgede bulunur: *Castanea mollissima* Bl. Asya'da, *Castanea sativa* Mill. Avrupa'da ve *Castanea dentata* Borkh. Kuzey Amerika'da (Pereira-Lorenzo ve ark. 2021). Türkiye, Dünya'nın önemli kestane üreticisi ülkelerinin başında gelmektedir. Avrupa'da ve ülkemizde doğal olarak yayılış gösteren kestane türü *Castanea sativa* Mill. dir. Ülkemizde kestane üretim alanları Karadeniz, Ege ve Marmara Bölgelerinde orman alanlarında yayılış göstermektedir (Serdar ve ark. 2018). Fagaceae familyasına ait bu ağaç türü, yenilebilir ve ekonomik öneme sahip meyveleriyle bilinmektedir. Kışın yaprak döken, kenarları keskin, uzun mızrak biçiminde bileşik yapraklı, odunu çok dayanıklı, dikenlerle kaplı meyve örtüsü içinde yer alan nişastalı meyvelere sahip uzun boylu bir orman ağacıdır (Okan ve ark. 2017). Kestane kazık köklü bir bitki olduğundan yetiştiği toprağın gevşek yapılı, derin ve pH ı 4.5-6.5 olması gerekir. Daha çok volkanik kaynaklı potasyumca zengin olan topraklarda en iyi şekilde yetişmektedir (Soylu, 2006; Anonim, 2022). Kestanelikler, toprak

erozyonunu azaltarak ve karbon depolayarak önemli bir ekolojik rol oynar (Jacobs ve ark. 2009; Ding ve ark. 2020). Genelde doğal yayılış alanında yer aldığından ağaç gelişimi ve meyve üretimi için topraktan yeterli düzeyde besin sağlarlar. Ancak kestanelikler ve kurulan bahçelerde gübreleme ve sulama gibi kültürel işlemlerin yapılması iyi meyve kalitesi ve verimlilik için önem arz eder. Ülkemizde kestane yetiştiriciliği genelde her yörede seleksiyonla öne çıkan çeşit/genotiplerin yabani ağaçlara aşılınması, ya da yabani ağaçlardan meyvelerin toplanması ile olmaktadır. Son yıllarda aşılı fidanlarla kurulu bahçelerde artış görülmekte ve yetiştiricilik yapılmaktadır.

Kestane yetiştiriciliğinde, uygun gübreleme modeline yönelik literatürde çok az çalışma bulunmaktadır (Warmund, 2018; Ribeiro ve ark. 2019; Toprak 2019). Vossen, (2000) kestane ihtiyacı duyduğu azot miktarı, toprağın durumuna, yaşına ve ağacın büyüklüğüne bağlı olduğunu ve ilkbaharda gelişme dönemi başladığında gübreleme programı başlatılması gerektiğini bildirmiştir.

Azot temel bir besindir ve proteinlerin yapı taşları olarak kullanılan amino asitler ve DNA yapımında kullanılan nükleotidler gibi bitki hücresinin birçok temel molekülünde önemli bir rol oynar. Azot ayrıca çeşitli pigmentleri oluşturan moleküllerde ve hücrel enerji üretiminde önemli bir bileşendir. Azot toprakta nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) veya amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ) olarak bulunur. Bitkilerin azot özümlemesi, topraktan nitratın ( $\text{NO}_3^-$ ) alınarak nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) indirgenmesini ve ardından  $\text{NO}_2^-$ 'nin amonyuma ( $\text{NH}_4^+$ ) dönüştürülmesini gerektirir. Bunu  $\text{NH}_4^+$ 'nın organik bileşiklere dahil edilmesi izler. Azot asimilasyonunda anahtar enzim olan nitrat redüktazın (NR) aktivitesi, nitrat kaynaklı azot alınımının bir göstergesi olarak kabul edilir. Bununla birlikte, toprak pH'sı (kestane için bu çok önemlidir), toprak tipi, sıcaklık ve topraktaki diğer kimyasalların varlığı gibi toprak özellikleri, her iki azot formunun alınımını etkileyebilir (Karthika ve ark., 2018). Azot ve ağaç tepkisi arasındaki genel ilişkilerin anlaşılması, azot yönetiminde esastır. Ağaç büyümesi, çiçeklenme, meyve tutumu, meyve büyümesi ve meyve kalitesi, ağaçların azot durumundan etkilenir (Fernandez-Escobar ve ark., 2008). Bu yüzden uygun azot yönetim programlarının geliştirilmesinde çok sayıda faktör göz önünde bulundurulmalıdır. Kestane tür ve çeşitlerinin, azot özümleme kapasitesi ve dolayısıyla NR aktivitesi ile ilgili literatürde herhangi bir bilgi bulunmamaktadır. Bundan dolayı bu çalışmada, aynı ekolojik koşullar altında yetiştiriciliği yapılan farklı bölgelerde seleksiyon çalışmaları ile öne çıkan dört kestane çeşitinin ('Alimolla', 'Sarikestane', 'N-23-1' ve 'Erfelek') azot özümleme kapasiteleri ve vejetasyon döneminde bitki gelişimiyle ilişkili değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada bitkisel materyal olarak, Bursa ili Yıldırım ilçesi Cumalıkızık köyünde bulunan Kestane Koleksiyon Bahçesinde yer alan farklı ekolojilerden seleksiyon çalışmaları ile öne çıkan 'Marigoule' çeşidi tohum anacı üzerine aşılı, dokuz yaşlı 'Alimolla', 'Sarikestane', 'N-23-1', 'Erfelek', çeşitleri kullanılmıştır. Çalışma 2021 yılı vejetasyon döneminde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada yer alan çeşitlerinin orjin yeri ve başlıca özellikleri Çizelge 1' de verilmiştir. Çalışmada Marmara, Karadeniz, Ege bölgelerinden seçilen çeşitler yer almaktadır. Çalışmanın yapıldığı Kestane koleksiyon bahçesi 2012 yılında kurulmuştur. Marmara, Ege, Karadeniz Bölgelerinde daha önceden seçilmiş çeşitlerle birlikte yeni çeşit adaylarını da içine alan ve yerli ve yabancı kaynaklı 25 çeşit/genotipten oluşmakta, her çeşit/genotipe ait 3 ağaç bulunmaktadır. Ağaçlar 8x8 dikim aralığında dikilmiştir. Bahçe yeri 345 m rakımda bulunmaktadır. Bahçe organik maddece zengin, pH 6.4-6.7 aralığında, % 40-46 tınlı toprak yapısına sahiptir. Ağaçlar damla sulama sistemi ile sulanmaktadır. Çalışmanın yapıldığı yıl bahçede meyve oluşumu öncesinde (Ağustos ayı) nitrat içerikli (Kalsiyum amonyum nitrat, %26:13:13, Gübretaş) gübreleme yapılmıştır.

**Çizelge 1.** Kestane çeşitlerinin orjin yeri, meyve özellikleri ve hasat zamanı

**Table 1.** Chestnut cultivars place of origin, harvest time and apparent tree and nut characteristic

Çeşitler	Orijin Yeri	Meyve Özellikleri	Hasat Zamanı	Kaynak
Alimolla	Bursa-Cumalıkızık	Bitki habitüsü dik Meyveleri orta irilikte (66 adet kg <sup>-1</sup> )	Eylülün üçüncü haftası- Ekim başı	Eser 2019, Kumlu 2019
Sarikestane	Yalova-Şenköy	Bitki habitüsü dik Meyveleri orta-iri (56-77 adet kg <sup>-1</sup> )	Eylül sonu-Ekim başı	Soylu 2004
N-23-1	Aydın-Nazilli	Bitki habitüsü yayvan Meyveleri iri (55 adet kg <sup>-1</sup> )	Ekimin ortası	Ertan ve Kılınc 2005
Erfelek	Sinop	Bitki habitüsü orta-dik Meyveleri orta-küçük irilikte (81-100 adet kg <sup>-1</sup> )	Ekim başı	Serdar ve Bilginer 1995

### 2.1. Fenolojik Gözlem

Kestane koleksiyon bahçesinde Mayıs-Kasım ayları arasında gözlem ve incelemeler yapılarak çeşitlerden yaprak örneklerinin alındığı zaman ağaçların fenolojik gelişim dönemleri kayıt edilmiştir. Sürgün, erkek ve dişi çiçek gelişimi, meyve tutumu, dikenli yumak gelişimi, hasat olgunluğu ve yaprak sararma durumları gözlenmiştir.

## 2.2. Yaprak Örneklerinin Alımı

Yaprak örnek alımları yeni gelişen sürgünlerde Mayıs sonu başlamış, yapraklarda sararma ve döküm dönemine kadar aylık yaprak örnek alımları gerçekleştirilmiştir. Yaprak örnekleri ağacı temsil edecek şekilde 4 farklı yöneyden (Kuzey, Güney, Doğu, Batı) eşit olarak, o yıl gelişen sürgünün alt kısmındaki 4., 5. ve 6. yaprakları saat 8:00-10:00'da alınmıştır. Her bir çeşitte üç ağaçta örnekleme yapılmıştır.

## 2.3. Yaprak Kuru Ağırlığı

Yaprak örnekleri alındıktan sonra taze ağırlık ölçümleri yapılmış ve ardından kuru ağırlıkları belirlenmek üzere 80°C'de ağırlık sabit olana kadar etüvde kurutulmuştur. Oranlama yapılarak kuru ağırlık değerleri hesaplanmıştır.

## 2.4. Klorofil İçeriği (SPAD Değeri)

Kestane yapraklarında klorofil değerleri portatif bir klorofil ölçer (SPAD-502; Konica Minolta Sensing, Inc., Japonya) ile belirlenmiş ve SPAD değeri olarak verilmiştir. Mayıs-Kasım ayları arasında sabahın erken saatlerinde gerçekleştirilen gözlem ve incelemeler sırasında kestane çeşitlerinden yaprak örnekleri alınmadan önce klorofil değerleri ölçülmüştür. SPAD ölçümleri, tamamen genişleyen yapraklar üzerinden, yaprak damarlarına denk gelmeyecek şekilde ve her bir ağaçtan 15 yaprakta, her bir yaprakta 5 tekrarlı olarak yapılmıştır ve ardından ortalamaları alınmıştır.

## 2.5. Nitrat Redüktaz Aktivitesinin (NRA) Tayini

Nitrat redüktaz aktivitesinin tayini için kullanılan yöntem Hageman ve Hucklesby (1971) ve Jaworski (1971) tarafından tanımlanan ve Gebauer ve ark. (1984) tarafından modifiye edilmiş in-vivo bir yöntemdir. Yöntemin esası inkübasyon ortamında nitratın indirgenmesiyle oluşan nitritin spektrofotometre ile ölçümüne dayanmaktadır. NR aktivite değeri  $\mu\text{mol NO}_2\text{-g KA}^{-1}\text{ saat}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır (Gebauer ve ark., 1984).

## 2.6. Toplam Azot İçeriğinin Belirlenmesi

Yapraklardaki toplam azot içeriğinin belirlenmesinde Kjeldahl Metodu kullanılmıştır. Yaprak örnekleri sülfirik asit ve katalizör ( $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4 + \text{Se}$ ) ile yakma setinde (K-437, Buchi, İsviçre) yakılmıştır. Ardından alkali ortamda damıtılarak (K-350, Buchi, İsviçre) ortaya çıkan amonyak ( $\text{NH}_4$ ) miktarı sülfirik asitle titre edilerek azot miktarı ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar katsayı değeri ile (6.25) çarpılarak örneklerin protein miktarı hesaplanmıştır (Bremner, 1965).

## 2.7. Ağaç Gövde Çapı, Ağaç Hacmi Ve Taç Hacminin Belirlenmesi

2021 yılı kış dinlenme döneminde çalışmada yer alan çeşitlerde ağaç boyu (H) (m), kuzey-güney (A) ve doğu-batı (B) yönlerinde genişliği (m), taç uzunluğu (L) (m), gövde çapı (mm) ölçülmüştür. Taç genişliği (G), ağaç ve taç hacmi ( $m^3$ ) hesaplanmıştır (Argaç 2021, Zhu ve ark. 2021). Ölçümler herbir çeşitte üç ağaçta yapılmıştır.

Taç genişliği (m) ağacın kuzey-güney (A) ve doğu-batı (B) yönlerinden tacın genişlikleri ölçülerek bu iki değer ortalama alınarak hesaplanmıştır.

Taç hacmi ( $m^3$ ) ağaç tacının yarıçapı (r), ağaç tacının uzunluğu (L) belirlenmiş ve  $\pi.r^2.L/3$  formülü ile hesaplanmıştır.

Ağaç hacmi ( $m^3$ ) ağaç taç genişliği (G), ağaç boyu (H), ağaç tacının uzunluğu (L) olarak belirlendiğinde  $[(L+G)/4]2.\pi.H/2$  formülü ile hesaplanmıştır.

## 2.8. İstatistik Analizler

Her bir çeşitte üç ağaçta örnekleme yapılmıştır. Klorofil ölçümleri, her bir ağaçtan 15 yaprakta, her bir yapraktan 5 tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır. Toplam azot içeriği, yaprak kuru ağırlığı ve NRA analizleri her bir ağaç için 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 15 yaprak olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Metin, şekil ve çizelgelerde sunulan veriler, ortalama  $\pm$  ortalamanın standart sapması olarak ifade edilmiştir. Tüm istatistiksel testler, faktöriyel varyans analizi (tek yönlü ANOVA) kullanılarak SPSS Statistics'te (sürüm 22.0, IBM Corp., Chicago, IL) 0.05 anlamlılık düzeyinde Duncan testi ile gerçekleştirilmiştir.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

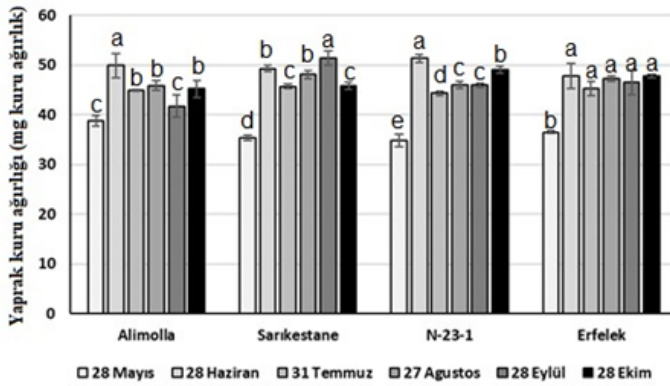
Aynı ekolojik koşullar altında yetiştiriciliği yapılan farklı bölgelerde seleksiyon çalışmaları ile öne çıkan dört kestane çeşitinin ('Alimolla', 'Sarikestane', 'N-23-1' ve 'Erfelek'), 2021 yılı Mayıs-Kasım ayları arasında kayıt edilen fenolojik gelişimleri Çizelge 2 de verilmiştir. Mayıs ayı sonunda sürgün gelişimi ile birlikte erkek çiçek püskül gelişimleri ve sürgünün ucunda karışık eşeyli püskül oluşumu gözlenmiştir. Haziran ayı sonunda tüm çeşitlerde dişi çiçeklerin reseptif olduğu görülmüştür. Temmuz ayı sonu meyve tutumu ile birlikte kapsül büyüyerek dikenli yumak gelişimi başlamış, Eylül ayı sonuna kadar meyve gelişimi devam etmiştir. 'Alimolla', 'Sarikestane', 'Erfelek' çeşitlerinin meyveleri Eylül ayı sonunda, 'N-23-1' çeşidi ise 15 Ekim de hasat olgunluğuna geldiği belirlenmiştir. Ekim sonu 'Alimolla', 'Erfelek' çeşitlerinde yapraklarda sararma başlangıcı, 'Sarikestane', 'N-23-1' de ise yapraklarda %50 sararma olduğu kayıt edilmiştir.

**Çizelge 2.** Kestane çeşitlerinin yaprak örnek alım zamanındaki fenolojik dönemleri**Table 2.** The phenological stages of chestnut cultivars at the time of leaf sampling

Örnek Alım Tarihi (2021)	Çeşitlerin Fenolojisi			
	Alimolla	Sarıkestane	N-23-1	Erfelek
28 Mayıs	Sürgün (10-25 cm) ve erkek çiçek gelişimi, karışık eşeyli püskül oluşumu	Sürgün (20-40 cm) ve erkek çiçek gelişimi-karışık eşeyli püskül oluşumu	Sürgün (10 cm) ve erkek çiçek gelişimi, karışık eşeyli püskül oluşumu	Sürgün (10-30 cm) ve erkek çiçek gelişimi, karışık eşeyli püskül oluşumu
28 Haziran	Dişi çiçekler reseptif	Dişi çiçekler reseptif	Dişi çiçekler reseptif	Dişi çiçekler reseptif, Karışık eşeyli püskül tam çiçeklenme
31 Temmuz	Meyve tutumu Dikenli yumak gelişimi	Meyve tutumu Dikenli yumak gelişimi	Meyve tutumu Dikenli yumak gelişimi	Meyve tutumu Dikenli yumak gelişimi
27 Ağustos	Dikenli yumak gelişimi	Dikenli yumak gelişimi	Dikenli yumak gelişimi	Dikenli yumak gelişimi
28 Eylül	Hasat zamanı	Hasat zamanı	Dikenli yumakların sararması (15 gün sonra hasat)	Hasat zamanı
28 Ekim	Yaprak sararma başlangıcı	Yaprak sararması (%50)	Yaprak sararması (%50)	Yaprak sararma başlangıcı

'Alimolla', 'Sarıkestane', 'N-23-1' ve 'Erfelek' kestane çeşitlerinin 2021 yılı vejetasyon döneminde yaprak kuru ağırlık değişimleri Şekil 1 de verilmiştir. Çeşitlerin aylar bazında kuru ağırlığı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Buna göre tüm kestane çeşitlerinde yaprak kuru ağırlığının vejetasyon dönemi başlangıcında (Mayıs ayı) en düşük değere sahip olduğu belirlenmiştir. Sonraki aylarda elde edilen yaprak kuru ağırlığın Mayıs ayına göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kestane çeşitlerinin yaprak kuru ağırlığındaki en yüksek değerler, 'Alimolla' ve 'N-23-1' çeşitlerinde Haziran ayında, 'Sarıkestane' çeşidinde ise Eylül ayında olduğu belirlenmiştir. 'Erfelek' çeşidinde ise Mayıs ayı dışında diğer tüm dönemlerde yaprak kuru ağırlığının benzer düzeyde olduğu saptanmıştır. Buna göre, çalışılan kestane çeşitlerinde tüm gelişim dönemleri dikkate alındığında çiçeklenme döneminde yaprak kuru ağırlığında artış meydana geldiği görülmüştür. Çiçek gelişim döneminde yaprak kuru ağırlığının arttığı El-Darier ve ark. (2002) tarafından da belirtilmektedir. Daha sonraki dönemlerde yaprak kuru ağırlığında kısmi azalış ile birlikte 'Alimolla', 'Sarıkestane' çeşitlerinde dalgalı değişim meydana gelirken, 'N-23-1' ve özellikle 'Erfelek' çeşidinde ise daha stabil bir yaprak kuru ağırlık değişimi gözlenmiştir.

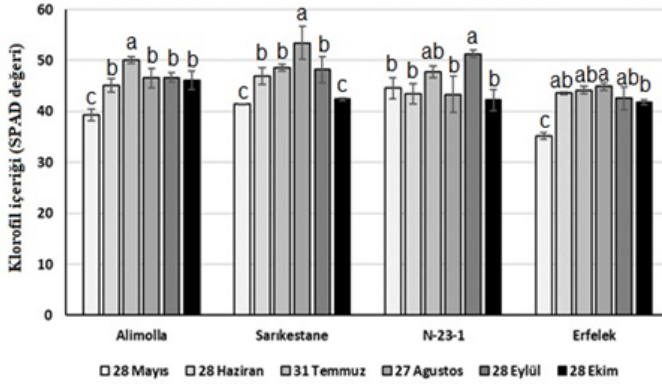




**Şekil 1.** 2021 yılı vejetasyon döneminde dört kestane çeşitinde (‘Alimolla’, ‘Sarikestane’, ‘N-23-1’ ve ‘Erfelek’) belirlenen yaprak kuru ağırlık değerleri (mg kuru ağırlık)

**Figure 1.** Dry weight in leaves of chestnut cultivars (‘Alimolla’, ‘Sarikestane’, ‘N-23-1’, and ‘Erfelek’) in 2021 (mg dry weight)

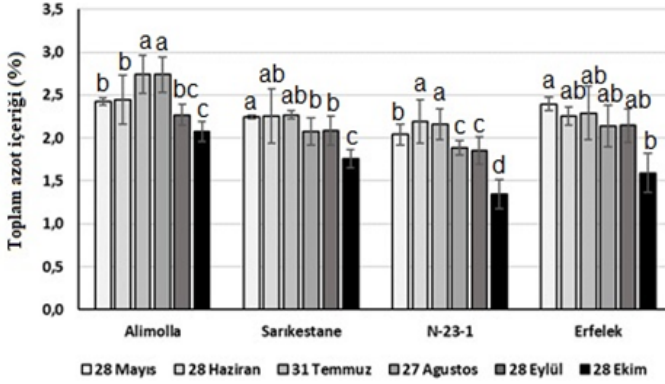
2021 yılı vejetasyon döneminde kestane çeşitlerinin klorofil içeriği (SPAD değeri) nde Şekil 2 de verilmiştir. Kestane çeşitlerinde klorofil içeriğinin dönemsel değişimlerinde farklılıklar gözlenmiş, istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Tüm kestane çeşitlerinde klorofil içeriğinin, başlangıç dönemine göre arttığı, ancak fenolojik dönemlere göre dalgalanmalar gösterdiği belirlenmiştir. ‘Alimolla’ çeşidinde klorofil içeriğinin, Temmuz ayı sonuna kadar arttığı, sonraki dönemlerde sabit kaldığı saptanmıştır. ‘Sarikestane’ çeşidinde Ağustos sonuna kadar klorofil içeriğinde artış gözlenirken, sonraki dönemlerde kademeli bir azalış tespit edilmiştir. ‘N-23-1’ çeşidinde klorofil içeriğinde dalgalı bir değişim görülmekle birlikte diğer çeşitlerden farklı olarak Eylül sonunda en yüksek değerler elde edilmiştir. Çizelge 2’de çeşitlerin fenolojisine bakıldığında ‘N-23-1’ in geç hasada geldiği ve Eylül döneminde meyve gelişiminin devam ettiği kayıt edilmiştir. Eylül döneminde klorofil içeriğindeki artışın, çeşidin fenolojik gelişim aşamasıyla ilişkili olduğu düşünülmüştür. Erfelek çeşidinde, Haziran ayında belirlenen klorofil içeriğindeki artış Ağustos ayına kadar sürmüştür. Sonuç olarak, çeşitler bazında klorofil içeriğinde görülen dönemsel değişim, sürgün, yaprak ve meyve gelişiminin devam etmesiyle ilişkilidir. Nitekim, klorofil içeriğini bitki türü, bitkinin gelişim dönemi, bitki yaşı, ekolojik koşulları vb. faktörlere göre değişiklik gösterdiği diğer araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Bielczynski ve ark., 2017; Croft ve ark., 2017; Yang ve Lee, 2001).



**Şekil 2.** 2021 yılı vejetasyon döneminde dört kestane çeşidinin (‘Alimolla’, ‘Sarikestane’, ‘N-23-1’ ve ‘Erfelek’) belirlenen klorofil içeriği (SPAD değeri)

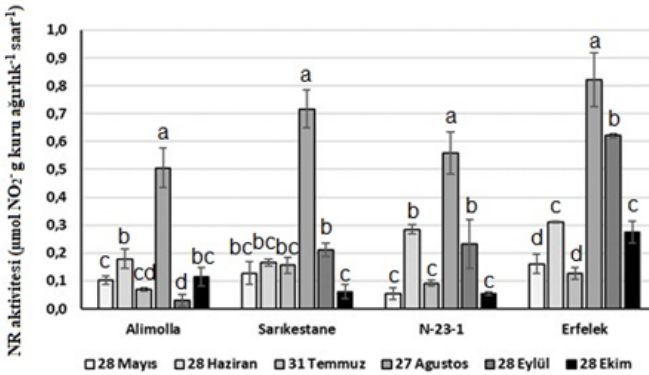
**Figure 2.** Chlorophyll content (SPAD value) of four chestnut cultivars (‘Alimolla’, ‘Sarikestane’, ‘N-23-1’, and ‘Erfelek’) determined during the vegetation period of 2021.

Bir bitkinin büyüme ve gelişimde fizyolojik olarak fotosentez süreciyle besin elde edildiği gibi, aynı zamanda azot özümlemesi yoluyla da büyüme ve gelişme sağlanmaktadır. Bu nedenle çalışmamızda hem klorofil içeriği, hem de azot özümlemesi aylara bağlı olarak ayrıntılı takip edilmiştir. 2021 yılı vejetasyon döneminde kestane çeşitlerinin yaprak kısımlarında belirlenen toplam azot içeriği yüzdesi Şekil 3’de verilmiştir. Çeşitler bazında azot özümleme değerleri dönemsel olarak istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). ‘Alimolla’ kestane çeşidinde Mayıs ve Haziran aylarında benzer bir azot içeriği belirlenmiş olup, Temmuz ve Ağustos aylarında en yüksek toplam azot içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Eylül ve Ekim aylarında ise toplam azot içeriğinde azalış gözlenmiştir. ‘Sarikestane’ çeşidinde Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında benzer bir toplam azot içeriği gözlenirken, Ağustos sonu itibarıyla azalış meydana gelmiştir. ‘N-23-1’ çeşidinin toplam azot içeriği, Haziran ve Temmuz aylarında en yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir. Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında ise azalış gösterdiği tespit edilmiştir. ‘Erfelek’ çeşidinde ise, diğer çeşitlerden farklı olarak Mayıs ayında belirlenen toplam azot içeriğinin en yüksek değerde olduğu, sonraki dönemlerde ise kademeli olarak azaldığı saptanmıştır. Sonuç olarak, çeşitlerin azot özümleme kapasitesi gelişim dönemleri arasında farklılık göstermiştir. ‘Alimolla’ çeşidinin toplam azot içeriğinin diğer çeşitlere göre yüksek olduğu, ‘Sarikestane’, ‘N-23-1’ ve ‘Erfelek’ çeşitlerinin ise birbirine göre benzer düzeylerde olduğu belirlenmiştir. Tüm çeşitlerde sürgün gelişimi, çiçeklenme ve meyve tutumu döneminde daha yüksek bir azot özümlemesi meydana gelirken, meyve gelişimi döneminde diğer dönemlere oranla azot özümlemesinin daha düşük olduğu görülmüştür. Kestane çeşitlerinde en düşük toplam azot içeriği yaprak sararma başlangıcı döneminde saptanmıştır.



Şekil 3. 2021 yılı vejetasyon döneminde dört kestane çeşidinin ('Alimolla', 'Sarikestane', 'N-23-1' ve 'Erfelek') yapraklarında belirlenen toplam azot içeriği değerleri (%).

Figure 3. Total nitrogen content values (%) determined in leaves of four chestnut cultivars ('Alimolla', 'Sarikestane', 'N-23-1', and 'Erfelek') in the vegetation period of 2021.



Şekil 4. 2021 yılı vejetasyon döneminde dört kestane çeşidinin ('Alimolla', 'Sarikestane', 'N-23-1' ve 'Erfelek') yapraklarında belirlenen nitrat redüktaz (NR) aktivite değerleri ( $\mu\text{mol NO}_2^- \text{ g kuru ağırlık}^{-1} \text{ saat}^{-1}$ )

Figure 4. Nitrate reductase (NR) activity values ( $\mu\text{mol NO}_2^- \text{ g dry weight}^{-1} \text{ hour}^{-1}$ ) determined in the leaves of four chestnut cultivars ('Alimolla', 'Sarikestane', 'N-23-1', and 'Erfelek') in the vegetation period of 2021.

2021 yılı vejetasyon döneminde dört kestane çeşidinin ('Alimolla', 'Sarikestane', 'N-23-1' ve 'Erfelek') yaprak kısımlarında belirlenen nitrat redüktaz (NR) aktivite değerleri Şekil 4'de verilmiştir. Çeşitlerin, NR aktivitesi örnekleme dönemleri bazında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). NR aktivite değerleri, 'Alimolla' çeşidinde  $0.029-0.505 \mu\text{mol NO}_2^- \text{ g kuru ağırlık}^{-1} \text{ saat}^{-1}$ , 'Sarikestane' çeşidinde  $0.061-0.717 \mu\text{mol NO}_2^- \text{ g kuru ağırlık}^{-1} \text{ saat}^{-1}$ , 'N-23-1' çeşidinde  $0.054-0.559 \mu\text{mol NO}_2^- \text{ g kuru ağırlık}^{-1} \text{ saat}^{-1}$ , 'Erfelek' çeşidinde ise  $0.126-0.821 \mu\text{mol NO}_2^- \text{ g kuru ağırlık}^{-1} \text{ saat}^{-1}$  arasında değişmektedir. Tüm çeşitlerde en yüksek NR aktivitesinin Ağustos ayında olduğu saptanmıştır. Çiçeklenme döneminde azot gübreleme negatif etkiye neden olacağından (Khaosumain ve ark., 2013) kestane çeşitlerinin meyve tutum döneminde (Temmuz-Ağustos) gübreleme yapılmıştır. Bu nedenle tüm kestane çeşitlerinde yaprak kısımlarında belirlenen en yüksek NR aktivite değerleri Ağustos ayında elde edilmiştir. Buna bağlı olarak kestane çeşitlerinde NR aktivitesi artmış, bitkinin azot özümlemesi gerçekleştirdiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, kestane bitkisinde nitrat kaynaklı azot özümlemesinin gerçekleştiğini göstermektedir. Çeşitler bazında NR aktivitesinde farklılıklar saptanmış ve Erfelek' çeşidinin tüm gelişim dönemlerinde NR aktivite değerlerinin, diğer çeşitlere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Nitrat, birçok bitki için ana azot (N) kaynağıdır ve ayrıca karbon (C) ve N metabolizmasındaki değişiklikleri koordine etmek için bir sinyal görevi görmektedir (Wang ve ark., 2012). C metabolizmasının N metabolizması üzerinde önemli etkileri olduğundan (Kumar ve ark., 2009), C iskeletinin oluşmasında, bitkilerde N asimilasyonunun etkisi büyüktür (Foyer ve ark., 1994). Bu durum kestane bitkisi için, meyve gelişim döneminde nitratlı gübreleme yapılması gerektiğini düşündürmektedir. Meyvelerin hasat olgunluğuna eriştiği (Eylül sonu) dönem NR aktivite değerlerinde azalış saptanmıştır. Ekim sonu yaprak sararması ile NR değerlerinde azalış devam etmiştir.

Çeşitlerin 2021 yılı güz döneminde ağaç gelişim parametreleri Çizelge 3 de verilmiştir. Ağaç gelişim parametrelerinden taç hacmi önemsiz diğer incelenen parametreler ise örnekleme dönemleri bazında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Çeşitlerin gövde çapı 140.12 ile 197.45 mm, ağaç boyu 5.10 ile 7.05 m, taç genişliği 1.78 ile 2.58 m, taç uzunluğu 4.51 ile 6.15 m arasında değişmiştir. 'Alimolla', 'Erfelek', 'Sarikestane' çeşitlerinin ağaç gövde çapı ve boyu, taç uzunluğu değerleri aynı harf grubunda yer almış ve en yüksek değerler kayıt edilmiştir. 'Sarikestane' ( $31.80 \text{ m}^3$ ), 'N-23-1' ( $31.42 \text{ m}^3$ ) ve 'Alimolla' ( $27.05 \text{ m}^3$ ) çeşitlerinin büyük, 'Erfelek' ( $29.34 \text{ m}^3$ ) çeşidinin ise küçük taç hacmine sahip olduğu görülmüş fakat bu durum istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. 'Alimolla' ( $45.38 \text{ m}^3$ ), 'Sarikestane' ( $39.51 \text{ m}^3$ ) çeşitlerinin en büyük ağaç hacmine sahip olduğu ve bunu sırasıyla, 'Erfelek' ( $37.34 \text{ m}^3$ ), 'N-23-1' ( $28.38 \text{ m}^3$ ) çeşitlerinin takip ettiği belirlenmiştir. Toplam azot içeriği ağaç biyokütlesi ile ilişkilendirildiğinde, toplam azot içeriğinin ağaç gövde çapı ve ağaç hacmi ile ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Toplam azot içeriği değerleri, ağaç hacmi ve ağaç gövde çapı büyük olan 'Alimolla' çeşidinde daha yüksek, küçük olan 'N-23-1' çeşidinde ise daha düşük bulunmuştur.

**Çizelge 3.** Kestane çeşitlerinin ağaç gövde çapı, boyu ve taç genişliği, uzunluğu ve taç hacmi ile ağaç hacmi

**Table 3.** Tree trunk diameter, height and crown width, length and crown volume and tree volume of chestnut cultivars

Çeşitler	Ağaç Gövde Çapı (mm)	Ağaç Boyu (m)	Taç Genişliği (m)	Taç Uzunluğu (m)	Taç Hacmi (m <sup>3</sup> )	Ağaç Hacmi (m <sup>3</sup> )
Alimolla	197.45±1.55 <sup>a</sup>	7.05±0.20 <sup>a</sup>	2.05±0.25 <sup>ab</sup>	6.15±0.21 <sup>a</sup>	27.05±0.15 <sup>ad</sup>	45.38±0.53 <sup>a</sup>
Erfelek	170.91±21.02 <sup>a</sup>	6.41±0.68 <sup>a</sup>	1.78±0.34 <sup>b</sup>	5.57±0.48 <sup>a</sup>	29.34±1.14	37.34±0.24 <sup>b</sup>
N-23-1	140.12±0.47 <sup>b</sup>	5.10±0.20 <sup>b</sup>	2.58±0.18 <sup>a</sup>	4.51±0.05 <sup>b</sup>	31.42±0.22	28.38±7.12 <sup>c</sup>
Sarıkestane	171.97±22.29 <sup>a</sup>	6.35±0.45 <sup>a</sup>	2.28±0.33 <sup>ab</sup>	5.59±0.48 <sup>a</sup>	31.80±11.47	39.51±0.48 <sup>ab</sup>

Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle  $p < 0.05$ 'e göre belirlenmiştir. ö.d.önemli değil

## 4. SONUÇ

Çalışmamız, kestane yetiştiriciliğinde ülkemizde mevcut olan çeşitlerin azot özümleme kapasitesi ile ilgili temel verileri oluşturmaktadır. Bitkinin ihtiyacı olan doğru azot kaynağının tespit edilerek, kestane yetiştiriciliğinde uygun azot yönetim programlarının geliştirilmesi, ürün verimi ve kalitesi bakımından önemlidir. Nitekim kestane çeşitlerinin klorofil içeriklerindeki değişim, çeşitlerin kuru ağırlık değerleri, azot özümlemesi ve fenolojik verilerle de uyumlu olarak değişiklik göstermiştir. Bu nedenle çeşitler bazında klorofil içeriğinin dönemsel değişimi, sürgün gelişimi ile de ilişkili olduğu söylenebilir. Ayrıca çalışmamızda, kestane çeşitlerinin tümünde NR aktivitesinin varlığı ortaya konmuştur. NR aktivitesi, nitrat varlığına duyarlı bir enzim olduğu için, kestane çeşitlerinde nitrat kaynaklı gübrelemenin etkili olacağını göstermektedir. Kestane çeşitlerindeki azot ihtiyacı, meyve olgunluk safhasına gelinceye kadar devam etmektedir ve meyve hasadı ile birlikte azot özümlemesinde kısmi bir azalış olduğu ve hatta yaprak sararma başlangıcında da azot özümlemesinin çeşitler bazında devam ettiği saptanmıştır. Bu durum doğru gübreleme modelinin oluşturulması gerektiğini göstermektedir. Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler kestane yetiştiriciliğinde doğru gübreleme modelinin oluşturulması için yapılacak çalışmalara katkı sağlayacaktır.

### Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

### Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

## Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması: BM (%30), AA (%40), CM (%30)

Veri Toplanması: BM (%40), AA (%40), CM (%20)

Veri Analizi: BM (%40), AA (%50), CM (%10)

Makalenin Yazımı: BM (%30), AA (%30), CM (%40)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu: BM (%40), AA (%40), CM (%20)

## KAYNAKLAR

- Anonim, 2022. Nutrient Management. Available at [https://www.canr.msu.edu/chestnuts/horticultural\\_care/nutrient-management](https://www.canr.msu.edu/chestnuts/horticultural_care/nutrient-management) (Erişim tarihi: 02 Ocak 2023).
- Arçaç, A., 2021. Ceviz fidanlarında farklı budama uygulamalarının ağaç gelişimi ve verimlilik üzerine etkiler. Yüksek Lisans Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 43 s, Bursa.
- Bielczynski, L.W., Łączki, M.K., Hoefnagels, I., Gambin, A., Croce, R., 2017. Leaf and plant age affects photosynthetic performance and photoprotective capacity. *Plant Physiology*, 175(4): 1634-1648. <https://doi.org/10.1104/pp.17.00904>.
- Bremner, J.M., 1965. Total nitrogen. In: Norman, A.G. (Ed.). *Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties*, American Society of Agronomy, Wisconsin, pp.1149-1178.
- Croft, H., Chen, J. M. Luo, X., Bartlett, P., Chen, B., Staebler, R. M., 2017. Leaf chlorophyll content as a proxy for leaf photosynthetic capacity. *Global Change Biology*, 23(9):3513-3524. <https://doi.org/10.1111/gcb.13599>.
- El-Darier, S., Hemada, M., Sadek, L., 2002. Dry matter distribution and growth analysis in soybeans under natural agricultural conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 5(5): 545-549. <https://socialnet.net/abstract/?doi=pjbs.2002.545.549>.
- Ertan, E., Kılınc, S.S., 2005. Seleksiyon ile belirlenmiş kestane genotiplerinin morfolojik, fenolojik ve biyokimyasal özellikleri. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(2): 67-77.
- Eser, H., 2019. Bursa ekolojik koşullarında yetiştirilen kestane çeşit ve genotiplerin meyvelerinde morfolojik karakterizasyon ve kimyasal içeriğin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 76s, Bursa.
- Fernandez-Escobara, R., Ortiz-Urquiza, A., Prado, M., Rapoport, H.F., 2008. Nitrogen status influence on olive tree flower quality and ovule longevity. *Environmental and Experimental Botany* 64(2), 113-119. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2008.04.007>.
- Foyer, CH., Noctor, G., Lealandais, M., Lescure, JC., Valadier, MH., Boutin, JP., 1994. Short term effects of nitrate, nitrite and ammonium assimilation on photosynthesis, carbon partitioning and protein phosphorylation in maize. *Planta* 192(2): 211-220. <https://www.jstor.org/stable/23382558>.
- Gebauer, G., Melzer, A., Rehder, H., 1984. Nitrate content and nitrate reductase activity in *Rumex obtusifolius* L. *Oecologia* 63, 136-142. <https://doi.org/10.1007/BF00379795>.
- Hageman, R.H., Huck lesby, D.P., 1971. Nitrate reductase. *Methods Enzymol.*, 23: 497-503.
- Jaworski, E.K., 1971. Nitrate reductase assay in intact plant tissues. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 43: 1274-1279. [https://doi.org/10.1016/S0006-291X\(71\)80010-4](https://doi.org/10.1016/S0006-291X(71)80010-4).
- Karthika, K.S., Rashmi, I., Parvathi, M.S., 2018. Biological functions, uptake and transport of essential nutrients in relation to plant growth. In: Hasanuzzaman, M., Fujita, M., Oku, H., Nahar, K., Hawrylak-Nowak, B. (Eds) *Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance*. Springer, Singapore. pp.1-49. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8_1).
- Khaosomain, Y., Sritontip, C., Changjeraja, S., 2013. Effects of different nitrogen fertilization doses on growth, leaf nutrient concentration, flowering and fruit quality in off-season logan. *Acta Horticulturae*, 984:271-274. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.984.31>.
- Kumar, R., Taware, R., Gaur, V.S., Guru, S.K., Kumar, A., 2009. Influence of N on the expression of TaDof1 transcription factor in wheat and its relationship with photosynthetic and ammonium assimilating efficiency. *Molecular Biology Reports*, 36:2209-2220. <https://doi.org/10.1007/s11033-008-9436-8>.
- Kumru, A., 2019. Bazı kestane (*Castanea sativa* Mill.) çeşit ve genotiplerinin bursa koşullarında bitki gelişim kuvveti ve morfolojik özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 52 s, Bursa.

- Okan, T., Köse, C., Aksoy, E., Köse, N., Wall, J., 2017. Türkiye'de kestane (*Castanea sativa* Mill.) ve kullanımı üzerine geleneksel terimler. *Avrasya Terim Dergisi*, 5(1): 19-27. <https://dergipark.org.tr/pub/ejatd/issue/37232/429718>
- Pereira-Lorenzo, S., Ballester, A., Corredoira, E., Vieitez, A.M., Agnanostakis, S., Costa, R., Bounous, G., Botta, R., Beccaro, G.L., Kubisiak, T.L., Conedera, M., Krebs, P., Yamamoto, T., Sawamura, Y., Takada, N., Gomes-Laranjo, J. & Ramos-Cabrer, A.M. 2012. Chestnut. p. 729-769. In: Badenes, M.L. and D.H. Byrne (eds.). *Fruit breeding*. Springer, New York, NY
- Ribeiro, S. L., Fonseca, T. F., Pires, A.L., 2019. Influence of fertilization on growth of young chestnut trees (*Castanea sativa* Mill.) managed for wood production. *CERNE*, 25(4): 357-364. <https://doi.org/10.1590/01047760201925042660>.
- Serdar, Ü., Akyüz, B., Ceyhan, V., Hazneci, K., Mert, C., Er, E., Ertan, E., Savaş, K.S.Ç., Uylaşer, V., 2018. Horticultural Characteristics of Chestnut Growing in Turkey. *Erwerbs-Obstbau* 60: 239-245. <https://doi.org/10.1007/s10341-017-0364-4>
- Serdar, Ü., Bilginer, Ş., 1995. Sinop'un Erfelek İlçesinde kestanenin (*Castanea sativa* Mill.) seleksiyon yoluyla ıslahı, Türkiye II. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, Cilt 1, 510-514, 3- 6 Ekim 1995, Adana.
- Soylu, A., 2004. Kestane yetiştiriciliği ve özellikleri. HASAD Yayıncılık Ltd. Şti., İkinci Baskı, 64 s. İstanbul.
- Toprak, S., 2019. Effect of different nitrogen levels on nut yield and some quality properties of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.). *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(4): 772-780. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.567836>.
- Vossen, P., 2000. Chestnut Culture in California. Available at <http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/8010.pdf> (Erişim tarihi: 02 Ocak 2023).
- Wang, X., Peng, F., Li, M., Yang, L., Li, G., 2012. Expression of a heterologous SnRK1 in tomato increases carbon assimilation, nitrogen uptake and modifies fruit development. *Journal of Plant Physiology*, 169 (12):1173-82. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2012.04.013>.
- Warmund, M.R., 2018. Nutrient status and fruiting response of young Chinese chestnut trees following application of nitrogen. *Journal of the American Pomological Society* 72(1): 12-19. [http://www.pubhort.org/aps/72/v72\\_n1\\_a2.htm](http://www.pubhort.org/aps/72/v72_n1_a2.htm).
- Yang, C.M., Lee, Y.J., 2001. Seasonal changes of chlorophyll content in field-grown rice crops and their relationships with growth. *Proceedings of the National Science Council, Republic of China. Part B, Life Sciences*, 25(4):233-8.
- Zhu, Z., Kleinn, C., Nölke, N., 2021. Assessing tree crown volume-a review, *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 94(1): 18-35, <https://doi.org/10.1093/forestry/cpaa037>.