



BURSA, KARACABEY SUBASAR ORMANI DIŞBUDAK (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) MEŞCERELERİNİN ÖLÜ ÖRTÜ VE TOPRAKTA DEPOLANAN ORGANİK KARBON VE BESİN ELEMENTLERİNİN BELİRLENMESİ

Temel SARIYILDIZ^{1,*} Gamze SAVACI²

¹Department of Forest Engineering, Bursa Technical University, Bursa

²Department of Forest Engineering, Kastamonu University, Kastamonu

*Corresponding author: temel.sariyildiz@btu.edu.tr

Temel SARIYILDIZ: <https://orcid.org/0000-0003-3451-3229>

Gamze SAVACI: <https://orcid.org/0000-0003-4685-2797>

Please cite this article as: Sariyıldız, T. & Savacı, G. (2024) Bursa, Karacabey subasar ormanı dışbudak (*Fraxinus angustifolia* vahl.) meşcerelerinin ölü örtü ve toprakta stoklanan organik karbon ve besin elementlerinin belirlenmesi, *Turkish Journal of Forest Science*, 8(2), 177-200.

ESER BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş 10 Mart 2024 / Received 10 March 2024

Düzeltilmelerin gelişi 17 Ağustos 2024 / Received in revised form 17 August 2024

Kabul 30 Ağustos 2024 / Accepted 30 August 2024

Yayımlanma 31 Ekim 2024 / Published online 31 October 2024

ÖZET: Sulak alanların %60'ını oluşturan ve yeryüzü toprak organik karbon stokunun %35'inden sorumlu olan subasar orman ekosistemlerinde, makro ve mikro besin stokları bu ekosistemlerin gelişmesi ve sürdürülebilirliği açısından önem kazanmaktadır. Çalışmada, Bursa Karacabey subasar ormanlarında, subasar ve karasal ortamdaki dışbudak meşcerelerinin, ölü örtü ve topraklarının C yoğunluğu, makro ve mikro besin yoğunluğunu ve stoklarını toprak derinlik kademeleri de dikkate alarak belirlemektir. Ölü örtü C, N, P, K, Ca, Mg ve S stoku sırasıyla 1522, 52, 62, 123, 915, 211 ve 110 kg/ha olarak subasar ortamda belirlenirken, karasal ortamda bu değerler N hariç önemli derecede daha düşük olup, sırasıyla 829, 61, 51, 88, 538, 129 ve 61 kg/ha olarak belirlenmiştir. Ölü örtü mikro besin stoklarında subasar ortamda karasal ortama göre daha yüksek bulunmuştur. Toprak C ve makro besin stoklarında (N dahil) subasar ortamda daha yüksek bulunmuştur. Topraktaki C, N, P, K, Ca, Mg ve S stoku sırasıyla 246, 27, 6, 85, 104, 188 ve 6 ton/ha olarak subasar ortamda belirlenirken, karasal ortamda bu değerler sırasıyla 233, 24, 5, 77, 177 ve 6 ton/ha olarak belirlenmiştir. Toprak mikro besin (Fe, Mn, Na, Cu, Zn, Cl, Ni ve Co) stoklarında subasar ortamda karasal ortama göre daha yüksek bulunmuştur. Ek olarak, ölü örtü karbon ile makro ve mikro besin stoklarının meşcere yaşına bağlı olarak azaldığı, topraktaki stoklarının ise artış gösterdiği tespit edilmiştir. C ve N'un en fazla üst topraklarda (0-30 cm) stoklandığı (sırasıyla %71 ve %61), diğer makro ve mikro besinlerin ise alt topraklardaki (30-100 cm) stoklarının, üst topraklardan daha fazla olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar, atmosferik karbondioksiti ve azotu tutma ve depolama kapasiteleri nedeniyle iklim değişikliğinin azaltılmasında önemli bir role sahip, subasar orman ekosistemlerinin karbon ve besin döngülerini ve stoklarını anlamaya ve modellemeye faydalı sayısal bilgiler sağlaması açısından önemlidir.

Anahtar kelimeler: Sulak alanlar, makro ve mikro besinler, meşcere yaşı, toprak derinliği

DETERMINATION OF ORGANIC CARBON AND NUTRIENTS STOCKS IN FOREST LITTER AND SOIL OF ASH TREE (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) STANDS IN BURSA, KARACABEY FORESTED WETLANDS

ABSTRACT: In forested wetlands, which constitute 60% of wetlands and are responsible for 35% of the earth's soil organic carbon stock, macro and micronutrient stocks are also important in terms of the development and sustainability of these ecosystems. The aim of the study was to determine the carbon, macro, and micronutrient concentrations and stocks in the litter and soil of ash tree stands at the floodplain and terrestrial sites in Bursa Karacabey. Litter C, N, P, K, Ca, Mg and S stocks in the floodplain were 1522, 52, 62, 123, 915, 211, and 110 kg/ha, respectively, while except for N, those values were significantly lower in the terrestrial as 829, 61, 51, 88, 538, 129, and 61 kg/ha, respectively. Litter micronutrient stocks were also higher in the floodplain sites. Soil C and macronutrient stocks were also higher in the floodplain. While soil C, N, P, K, Ca, Mg, and S stocks in the floodplain were 246, 27, 6, 85, 104, 188, and 6 ton/ha, respectively, these values were found as 233, 24, 5, 77, 177, and 6 ton/ha in the terrestrial. Soil micronutrient stocks were also higher in the floodplain sites. In addition, it was noted that litter carbon and macro and micronutrient stocks decreased with the stand age while soil stocks increased. It was also seen that soil C and N were mainly stored in the topsoil (0-30 cm) (71% and 61%, respectively), whereas the stocks of other soil macro and micronutrients in the subsoil (30-100 cm) were higher compared to the topsoil. The results have provided numerical information which are useful for understanding and modeling the carbon and nutrient cycling and stocks of forested wetland ecosystems, which have an important role in reducing climate change due to their capacity to capture and store atmospheric CO₂ and N.

Keywords: Wetlands, makro and micronutrients, stand age, soil depths

GİRİŞ

Orman ekosistemlerinin verimliliği, sürdürülebilirliği ve sağlığı üzerinde besin elementlerinin döngüsü önemli olup, ağaçlar bu ihtiyaçlarını karşılamak için büyük ölçüde doğal besin kaynaklarına bağımlıdır. Doğal besin kaynaklarının büyük bir kısmı ise, orman topraklarında ve ölü örtüde depolanmaktadır (Martin et al., 2021). Ölü örtünün ayrışmasıyla, bitkiler tarafından alınan besinler toprağa geri dönerek, toprakların organik madde ve mineral besin elementlerince zenginleşmesini sağlarken, ayrışmayan ölü örtü kısımları, toprak yüzeyinde birikerek önemli bir besin rezervi haline gelmektedir. Bu nedenle, toprak üstü ve altı etkileşimleri, besinlerin tutulması, dağıtılması ve alımının düzenlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Pang et al., 2020). Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda, bitkiler tarafından alınan azot (N) ve fosforun (P) yaklaşık %90'ının, diğer mineral elementlerin ise yaklaşık %60'ının ölü örtünün ayrışmasıyla toprağa geri döndüğü bildirilmiştir (Chapin et al., 2011). Bununla birlikte, orman topraklarında depolanan organik karbonun kaynağını, ağırlıklı olarak toprak

yüzeyinde biriken ölü örtünün, toprak faunası ve mikroorganizmalar tarafından parçalanma ve ayrışması ile dönüştürülmesi oluşturmaktadır (Prescott & Vesterdal, 2021).

Küresel karbon bütçesinin önemli bir kısmını oluşturan ölü örtü ve topraktaki organik karbon stoku ile küresel iklim değişikliğinde önemli bir yer tutan atmosferdeki CO₂ artışı arasında önemli bir ilişki bulunduğu ifade edilmektedir (Aerts, 1997). Bu ilişki, birçok araştırmacıyı, dünyanın farklı orman ekosistemlerinin toprak ve ölü örtüsünde stoklanan karbon ve azot miktarını ve bunlara etki eden temel faktörlerin neler olduğunu ortaya koyan çalışmalar yapmaya yönlendirmiştir. Gerçekleştirilen çalışmalarda, ağaç türünün, karışım oranının, yaşının, kapalılığının, sıklığının, bulunduğu mevkiinin, anakayanın, toprak özelliklerinin, toprak derinliğinin ve yönetim uygulamalarının ölü örtü miktarı ve karbon stokları üzerinde etkili olduğu ifade edilmiştir (Díaz-Pinés et al., 2011; Oubrahim et al., 2016; Sariyildiz et al., 2015).

Türkiye’de, geniş yapraklı ve iğne yapraklı ağaç türlerinin topraklarında ve ölü örtüsünde stokladığı organik karbon miktarını ortaya koyan çalışmalar da bulunmaktadır. Türkiye’de 2008 yılına kadar orman ekosistemlerinin ölü örtü miktarı konusunda yapılan çalışmaları derleyen Tolunay & Çömez (2008), yapraklı ağaç türlerine ait ortalama değerlerinin farklı meşe türleri için (*Quercus petraea* L. subsp *iberica*, *Quercus frainetto* Ten., *Quercus cerris* L.) ortalama 8600 kg/ha, kayın için (*Fagus orientalis* Lipsky) 8700 kg/ha, gürgen için (*Carpinus betulus* L) 10700 kg/ha, ıhlamur için (*Tilia argenteae* Desf.) 7800 kg/ha, sığla için (*Liquidambar orientalis*) 7800 kg/ha, kestane için (*Castanea sativa* Miller.) 10200 kg/ha ve yapraklı türlerde ağırlıklı ortalamayı ise 8200 kg/ha olarak bildirmiştir. Tolunay & Çömez (2008) Türkiye genelinde bir metre toprak derinliği için geniş yapraklı türlerde stoklanan organik karbon miktarını ise ortalama 80,4 ton/ha iğne yapraklı türler için 77,1 ton/ha olarak belirtmiştir.

Konu ile ilgili ulusal ve uluslararası çalışmalardan anlaşıldığı üzere, ölü örtü ve toprak ile ilgili çalışmalar, daha çok karasal orman ekosistemlerinde ve genel olarak organik karbon stoklarına yönelik yürütülmüştür (Tolunay & Çömez, 2008; Gachhadar et al., 2022). Oysa, dünya karbon stokunun yaklaşık %8’ini oluşturduğu bildirilen (Cseh, 2014; Sutfin et al., 2016) subasar ormanların ölü örtüsünde ve topraklarında stoklanan organik karbon konusunda çalışmalar sınırlı sayıda olup (Stewart et al., 2024), besin stoklarına yönelik çalışma sonuçlarına rastlamak ise oldukça düşüktür (Trettin et al., 2011). Yukarıda bahsedilen, ölü örtü miktarı üzerinde rol oynayan faktörlerin yanı sıra, hidroloji ve su birikiminin ölü örtü miktarını, toprakta ve ölü örtüde stoklanan organik karbondaki etkili olduğuna dair literatürde çalışmalar bulunmaktadır (Zhou et al., 2023). Subasar ortamlardaki anaerobik şartların ölü örtü ayrışmasını yavaşlattığı ve büyük miktarda ölü örtünün toprak yüzeyinde birikimine neden olduğu bildirilmiştir (Reddy & Patrick, 1975; Sehlesinger, 1977; Day, 1982). Türkiye’de daha önce Karacabey subasar ormanlarında tarafımızdan gerçekleştirilen çalışmada (Sariyildiz et al., 2022), subasar ormanların asli ağaç türlerinden dişbudak ve kızılbaş meşcerelerinin çevresi ekosistemlerden (kumul, otlak, ziraat ve kızılçam) daha yüksek miktarda karbon ve azot stokladığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, Bursa Karacabey subasar ormanlarında, subasar ve karasal ortamda yetişen farklı yaşlardaki tam kapalı doğal dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) meşcerelerinin, ölü örtü, toprak organik karbon, makro (N, P, K, Ca, Mg ve S) ve mikro (Fe, Mn, Na, Cu, Zn, Cl, Ni ve Co) besin elementi yoğunluğunu ve stoklarını toprak derinlik kademelerini de dikkate alarak ortaya koymaktır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma alanının tanıtımı

Çalışma, Bursa'da yer alan Karacabey Subasar (Longoz) doğal dışbudak ormanlarında gerçekleştirilmiştir (40°23'38"- 40°21'43" kuzey enlemleri ile 28°23'02"-28°52'21"- 28°34'01" doğu boylamları) (Şekil 1). Akay et al. (2017) Karacabey Subasar ormanlarının kapladığı alan yaklaşık 3800 ha olarak bildirmişlerdir. Karacabey iklimi, Akdeniz ikliminin, az da olsa Karadeniz iklimine geçiş özelliği gösteren şeklindedir. Yıllık ortalama sıcaklık 13,2 °C olduğu bölgede, en yüksek sıcaklık değeri ağustos ayı için 38,5 °C, en düşük sıcaklık ise şubat ayı için -9,7 °C olarak bildirilmiştir (Sarıyıldız et al., 2022). Karacabey' in ortalama yıllık yağış miktarı 562 mm'dir. Orman Genel Müdürlüğü'nün alana ait meşcere haritasında, geniş yapraklı ormanların çoğunluğunu dışbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) ve kızılalağaç (*Alnus glutinosa* L.) türleri saf veya karışık meşcereleri oluşturmaktadır. Karacabey subasar ormanlarının topografik yapısı kendi içinde tepelik bir arazi yüzeyi oluşturmakla beraber, denizden ve çevrede bulunan iki lagün gölünden (Dalyan ve Arapçiftliği lagünleri) beslenen subasar ormanları, yılın büyük kısmında (9-10 ay) su altında kalmaktadır. Suyun geri çekilme zamanında (2-3 ay) ise toprak yüzeyini görmek mümkündür. Çalışmada, suyun toprak yüzeyinde uzun dönem kaldığı alanlar subasar ortam, kısa süre kaldığı alanlar ise karasal ortam olarak isimlendirilmiştir. Subasar ve karasal olarak isimlendirilen ortamlar arasında yaklaşık bir km'lik mesafe bulunmaktadır. Karacabey subasar ormanının bulunduğu bölgede farklı toprak tiplerine (kahverengi orman toprakları, alüvyal, kolüvyal, kıyusal alüvyon ve rendzina) rastlanmaktadır (Sarıyıldız & Tani, 2023). Çalışmanın gerçekleştirildiği alanlarda hakîm toprak tipi alüvyal topraklardır.

Karacabey subasar ormanlarında dışbudak için birbirinden en az 200 m uzaklıkta 3'er adet 20 m x 20 m (400 m²) genişliğinde örnekleme alanları hem subasar ortamda hem de karasal ortamda belirlenmiştir. Meşcere gelişim çağ sınıfları da dikkate alınarak yapılan tespitler sonucunda toplamda 12 deneme alanında [3 deneme alanı x 2 meşcere çağ sınıfı (c x d) x 2 farklı çalışma alanı (subasar ve karasal ortam) = 12 adet deneme alanı] çalışma yürütülmüştür.



Şekil 1. Çalışma Alanı Bursa Karacabey Subasar (Longoz) Ormanlarında Subasar Ortamda ve Karasal Ortamda Yetişen Dişbudak Meşcereleri

Meşcere özelliklerinin belirlenmesi

Örnekleme alanlarındaki tüm ağaçların göğüs yüksekliğindeki ($d_{1,30}$ cm) çapları kumpas yardımıyla ölçülmüştür ve ilgili çizelgelere not edilmiştir. Dijital boy ölçer yardımıyla ağaçların toplam boyları belirlenmiştir. Ağaçlarının ortalama yaşı, deneme alanında seçilen 3 farklı ağaçta artım burgusu kullanılarak yapılmış ve ölçümlerin ortalaması olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı meşcere kapalılığının belirlenmesinde meşcere haritasından yararlanılmış olup, arazide ağaçların toprak yüzeyini örtme durumları incelenerek ayrıca teyit edilmiştir.

Ölü örtünün belirlenmesi ve analizi

Her bir örnekleme alanında rastgele noktalarda oluşturulan 50 cm x 50 cm büyüklüğünde 5 örnekleme ünitesinden mineral toprak üzerindeki ölü örtü tamamen toplanmıştır. Ölü örtü yaprak + çürüntü ve humus katmanlarından (Y + Ç + H) ayrı ayrı örnekleme planlanmış olmakla beraber, bu ölü örtünün üç katmanı (Y + Ç + H) ne subasar ne de karasal ortamlarda belirgin sınırlar oluşturmadığı için tamamı birlikte ölü örtü olarak alınmıştır. Her bir örnekleme alanında 5 adet olmak üzere toplamda 60 adet örnek alınmıştır. Alınan ölü örtü örnekleri plastik poşetlere konularak laboratuvara getirilmiştir. Örnekleme alanlarında ölü örtü örnekleme 2021, 2022 ve 2023 yıllarında yapılmıştır.

Laboratuvarda ölü örtü örnekleri etüvlerde 65°C sıcaklıkta sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuştur. Örneklerin yaş ve kuru ağırlıkları arasındaki farktan elde edilen nem değerleri kullanılarak ölü örtü kuru ağırlığı belirlenmiş ve sonrasında miktarları hektarda kilogram olarak hesaplanmıştır. Sonrasında, ölü örtü örneklerinin bir kısmı öğütülmüş ve kimyasal analize hazır hale getirilmiştir. Öğütülen örnekler, poşetlere konularak analize kadar +5°C

sıcaklıkta muhafaza altına alınmıştır. Öğütülen örneklerin karbon ve azot yoğunluğu, Eurovector EA3000-Single CNH-S elementer analiz cihazında, diğer makro ve mikro besin elementi yoğunluğu ise Spectro markalı Xepos II modeli olan XRF (X-Işını Floresans Spektrometresi) ile tayin edilmiştir.

Toprak örneklerinin alınması ve analizi

Her bir örnekleme alanında bir adet toprak profili açılmıştır. Açılan toprak profilinden örnekleme 5 farklı toprak derinlik kademesinden (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-60 cm, 60-100 cm) yapılmıştır. Toprak derinlik kademeleri de dikkate alındığında toplamda 60 toprak örneği (2 ortam x 2 meşcere gelişim çağı x 3 tekrar alan x 5 derinlik kademesi =60 toprak örneği) alınmıştır.

Her derinlik kademesinin ortasından çelik silindir ile doğal yapısı bozulmamış toprak örneği alınmıştır. Silindirler istenilen derinliğe kadar çakıldıktan sonra kenarları ve tabanı keskin bir bıçakla fazlalıklardan temizlenmiş ve polietilen torbalara yerleştirilmiştir. Laboratuvara getirilen doğal yapısı bozulmamış toprak örneklerinin hacim ağırlığı, kurutma fırınında 105 °C’de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulup hassas terazide tartıldıktan sonra hesaplanmıştır (Blake & Hartge, 1986; Savacı et al., 2021).

Toplam organik C ve N miktarı, kuru yakma yöntemi ile Bursa Teknik Üniversitesi Merkez laboratuvarında Eurovector EA3000-Single CNH-S elementer analiz cihazında tayin edilmiştir. Toprak örneklerinin makro ve mikro besin yoğunluğu Spectro markalı Xepos II modeli olan XRF (X-Işını Floresans Spektrometresi) yardımıyla belirlenmiştir. Topraktaki organik karbon (TOK), makro ve mikro besin stoku ise aşağıda verilen formüle göre hesaplanmıştır (Lee et al., 2009) Formül (1).

$$\text{TOK-stoğu ya da besin-stoğu: \%TOK veya besin} \times \text{Mi (ton ha}^{-1}\text{)}, \quad (1)$$

Bu formülde verilen Mi, i’nci toprak derinliğinde kuru toprağın kütleini ifade etmekte olup, miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır Formül (2).

$$\text{Mi: BDi} \times \text{Ti} \times 10^4 \quad (2)$$

Bu formülde BDi, i toprak derinliğindeki toprak hacim ağırlığını (ton m⁻³), Ti ise i toprak derinliğindeki toprak kalınlığını (m), 10⁴ birim değişim faktörünü (m² ha⁻¹) ifade etmektedir.

İstatistiksel analiz

Çalışmada örnekleme alanlarının ölü örtü ve topraklarının, karbon ve besin maddesi yoğunluğu ve stoku bakımından meşcere gelişim çağı (c ve d) ve yetiştirme ortamı (subasar ve karasal ortam) arasındaki farklılıkları tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Varyans analizi sonucunda anlamlı farklılıklar bulunması durumunda, ortalamaların karşılaştırılması Tukey testi ile yapılmıştır. İstatistik işlemler SPSS istatistik paket programı (IBM SPSS 20.0) kullanılarak bilgisayar ortamında yapılmıştır.

BULGULAR

Çalışma alanının meşcere özellikleri

Çalışma alanındaki subasar ve karasal ortamda yetişen dişbudak c ve d gelişme çağındaki meşcerelerinin bazı özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Subasar ortamda, örnekleme alanlarındaki dişbudak ağaçlarının ortalama yaşları 79 ile 83 yıl, boyları 15.5 m ile 17.1 m ve çapları 33.5 cm ile 48.4 cm arasında iken, karasal ortamda ortalama yaşları 68 ile 74 yıl, boyları 17.3 ile 20.4 m ve çapları 28.2 ile 37.9 cm olarak belirlenmiştir.

Tablo 1. Karasal ve Subasar Ortamda, Farklı Çağlarında Dişbudak Ağaçlarından Alınan Örnekleme Alanlarındaki Örnek Ağaçların Ortalama Çap, Boy, Yaş ve Kapalılık Değerleri

Yetiştirme Ortamı	Meşcere Tipi	Çap (cm) Ort. ± S.S.	Boy (m) Ort.±S.S.	Yaş (Yıl) Ort.±S.S.	Tepe Kapalılığı
Subasar ortam	Dşc3	33,5 ± 2.24	15,5 ± 1.42	79 ± 2.12	Kapalı ve Tam kapalı 3 (% 71 - % 100)
	Dşd3	48,4 ± 3.56	17,1±1.16	83 ± 3.25	
Karasal ortam	Dşc3	28,2 ± 1.34	17,3 ± 0.54	68 ± 4.22	Kapalı ve Tam kapalı 3 (% 71 - % 100)
	Dşd3	37,9 ± 1.26	20,4±2.26	74 ± 4.15	

Ort: Ortalama, S.S: Standart sapma

Ölü örtü miktarı

Çalışma alanındaki subasar ve karasal ortamlarda yetişen dişbudak c ve d gelişme çağındaki meşcerelerinin altındaki ölü örtü miktarları Tablo 2'de verilmiştir. Örnekleme alanlarında ölü örtü miktarının (yaprak, dal, tohum, kabuk ve diğer kısımları) ortalama subasar ortamda Dşc3 meşcereleri için 4380 kg/ha, Dşd3 meşcereleri için 2780 kg/ha iken, karasal ortamda bu değerler daha düşük olup, sırasıyla 2120 kg/ha ve 1570 kg/ha olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Meşcere gelişme çağı birlikte değerlendirildiğinde, subasar ortamda yetişen dişbudak meşcerelerinde ortalama ölü örtü miktarı 3580 kg/ha iken, karasal ortamda bu değer 1850 kg/ha olarak hesaplanmıştır. Genel olarak, hem subasar hem de karasal ortamlarda yıllık döküntü miktarının Dşc3 meşcerelerde, Dşd3 meşcerelerine kıyasla daha yüksek değerler gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Subasar ve Karasal Ortamda, Farklı Gelişme Çağlarında Dişbudak Meşcerelerinin Ortalama Ölü Örtü Miktarı

Yetiştirme ortamı	Meşcere Tipi	Ölü örtü miktarı (kg/ha) Ort.±S.S. (Min.-Mak.)
Subasar ortam	Dşc3	4380d ± 82 (340 - 5230)
	Dşd3	2780c ± 41 (215 - 3240)
	Ortalama	3580 ± 62 (278 - 4240)
Karasal ortam	Dşc3	2120b ± 32 (175 - 2500)
	Dşd3	1570a ± 30 (126 - 1980)
	Ortalama	1850± 31 (151 - 2200)

Sütünlardaki aynı küçük harfler, ölü örtü miktarının meşcere tipleri arasında fark bulunmadığını ($P>0.05$) göstermektedir. Ort: Ortalama, S.S: Standart Sapma, Min: Minimum, Mak: Maksimum

Ölü örtü makro ve mikro besin elementi yoğunlukları

Subasar ve karasal ortamda yetişen dişbudak Dşc3 ve Dşd3 meşcerelerindeki ölü örtünün karbon ve makro besin yoğunluğu Tablo 3, mikro besin yoğunluğu ise Tablo 4'te verilmiştir.

Subasar ortamdaki dişbudak ölü örtüsünün ortalama C (%42,5), N (%1,46), Ca (%2,56), Mg (%0,589), P (%0,173), K (%0,343) ve S (%0,307) yoğunluğu, karasal ortamdaki ortalama C (%44,8), N (%3,29), Ca (%2,91), Mg (%0,695), P (%0,275), K (%0,476) ve S (%0,332) yoğunluğundan daha düşük ($P<0.05$) bulunmuştur.

Subasar ortamdaki Dşd3 meşcerelerinin ölü örtüsünde karbon ve makro besin yoğunluğu (azot hariç) Dşc3 meşcerelerine göre daha yüksek iken, karasal ortamda C ve makro besin elementleri (Ca hariç) Dşc3 meşcerelerindeki ölü örtüde daha yüksek belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Subasar ve Karasal Ortamda, Farklı Meşcere Gelişme Çağlarındaki Dişbudakta Meşcerelerinin Ölü Örtü Karbon ve Makro Besin Elementi Yoğunluğu

Yetiştirme Ortamı	Meşcere Tipi	C (%)	N (%)	Ca (%)	Mg (%)	P (%)	K (%)	S (%)
Subasar ortam	Dşc3	41,5a	1,65b	2,46a	0,457a	0,168a	0,313a	0,266a
	Dşd3	43,5b	1,27a	2,65ab	0,721c	0,179a	0,373b	0,348b
	Ortalama	42,5	1,46	2,56	0,589	0,173	0,343	0,307
Karasal ortam	Dşc3	43,9b	3,46c	2,87b	0,748c	0,325c	0,542c	0,369b
	Dşd3	45,7c	3,12c	2,94b	0,643b	0,225b	0,410b	0,294a
	Ortalama	44,8	3,29	2,91	0,695	0,275	0,476	0,332

Sütunlardaki aynı küçük harfler, karbon ve makro besin elementi yoğunluklarının meşcere tipleri arasında fark bulunmadığını ($P>0.05$) göstermektedir.

Makro besin elementlerinden farklı olarak, subasar ortamdaki dişbudak ölü örtüsünün Fe ve Mn haricindeki mikro besin yoğunluğu karasal ortamdakinden daha yüksek bulunmuştur (Tablo 4). Ortalama Na yoğunluğu % 0,61, Cu % 0,014, Zn % 0,015, Cl % 0,31, Ni % 0,010 ve Co %0,0015 iken, karasal ortamda bu değerler sırasıyla, %0,28, %0,002, %0,005, %0,020, %0,003 ve %0,0007 olarak daha düşük belirlenmiştir. Subasar ortamdaki ölü örtüde Fe ve Mn yoğunluğu sırasıyla %0,88 ve %0,019 iken, karasal ortama bu değerler sırasıyla %0,95 ve %0,030 olarak bulunmuştur.

Subasar ortamda Cu, Ni ve Co haricinde diğer mikro besin elementleri Dşd3 meşcerelerindeki ölü örtüde daha yüksek olma yönünde olurken, karasal ortamda Dşd3 meşcerelerindeki ölü örtüde sadece Na, ve Co yoğunlukları daha yüksek bulunmuştur (Tablo 4).

Tablo 4. Subasar ve Karasal Ortamda, Farklı Meşcere Gelişme Çağlarındaki Dişbudakta Meşcerelerinin Ölü Örtü Mikro Besin Elementi Yoğunluğu

Yetiştirme Ortamı	Meşcere Tipi	Fe (%)	Mn (%)	Na (%)	Cu (%)	Zn (%)	Cl (%)	Ni (%)	Co (%)
Subasar ortam	Dşc3	0,75a	0,013a	0,55c	0,016c	0,013b	0,26b	0,016b	0,0015c
	Dşd3	1,01b	0,024b	0,67d	0,013b	0,016c	0,36c	0,005a	0,00145c
	Ortalama	0,88	0,019	0,61	0,014	0,015	0,31	0,010	0,0015
Karasal ortam	Dşc3	1,03c	0,035c	0,26a	0,002a	0,006a	0,021a	0,004a	0,0006a
	Dşd3	0,88a	0,025b	0,30b	0,002a	0,005a	0,019a	0,003a	0,0009b
	Ortalama	0,95	0,030	0,28	0,002	0,005	0,020	0,003	0,0007

Sütunlardaki aynı küçük harfler, mikro besin elementi yoğunluklarının meşcere tipleri arasında fark bulunmadığını ($P>0.05$) göstermektedir.

Ölü örtü makro ve mikro besin stoku

Subasar ve karasal ortamda yetişen dişbudak Dşc3 ve Dşd3 meşcerelerindeki ölü örtünün içerdiği karbon ve makro besin stoku Tablo 5, mikro besin stoku ise Tablo 6'da verilmiştir.

Subasar ortamdaki dışbudağın ölü örtüsünün N stoku haricinde C, Ca, Mg, P, K ve S stoku değerleri karasal ortama göre daha yüksek bulunmuştur (Tablo 5). Her iki yetiştirme ortamında da Dşc3 meşcerelerindeki makro besin stoku değerleri Dşd3 meşcerelerine göre daha yüksek tespit edilmiştir. Ölü örtü mikro besin elementi stoku, subasar ortamda karasal ortama kıyasla daha yüksek belirlenmiştir. Her iki yetiştirme ortamında da Dşc3 meşcerelerindeki mikro besin stoku subasar ortamda Mn besin stoku hariç, Dşd3 meşcerelerine göre daha yüksek değer göstermiştir (Tablo 6).

Tablo 5. Subasar ve Karasal Ortamda, Farklı Geliştirme Çağındaki Dışbudak Meşcerelerinin Ölü Örtü Karbon ve Makro Besin Stoku

Yetiştirme Ortamı	Meşcere Tipi	C (kg/ha)	N (kg/ha)	Ca (kg/ha)	Mg (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	S (kg/ha)
Subasar ortam	Dşc3	1888d	72,2c	1079c	205c	73c	137c	116d
	Dşd3	1209c	35,2a	736b	201c	50b	104b	97c
	Ortalama	1522	52,2	915	211	62	123	110
Karasal ortam	Dşc3	931b	73,3c	609b	159b	69c	115b	78b
	Dşd3	717a	49,0b	462a	101a	35a	64a	46a
	Ortalama	829	60,9	538	129	51	88	61

Sütunlardaki aynı küçük harfler, karbon ve makro besin stoklarının meşcere tipleri arasında fark bulunmadığını ($P>0,05$) göstermektedir.

Tablo 6. Subasar ve Karasal Ortamda, Farklı Geliştirme Çağındaki Dışbudak Meşcerelerinin Ölü Örtü Mikro Besin Stoku

Yetiştirme Ortamı	Meşcere Tipi	Fe (kg/ha)	Mn (kg/ha)	Na (kg/ha)	Cu (kg/ha)	Zn (kg/ha)	Cl (kg/ha)	Ni (kg/ha)	Co (kg/ha)
Subasar ortam	Dşc3	32,7d	0,58b	24,0c	0,70c	0,58c	11,4c	0,69d	0,07c
	Dşd3	28,0c	0,68bc	18,7b	0,35b	0,44c	10,1c	0,13c	0,04b
	Ortalama	31,4	0,67	21,8	0,51	0,52	11,1	0,37	0,05
Karasal ortam	Dşc3	21,8b	0,74c	5,5a	0,05a	0,12b	0,51b	0,08b	0,01a
	Dşd3	13,8a	0,39a	4,7a	0,03a	0,07a	0,32a	0,04a	0,01a
	Ortalama	17,6	0,55	5,2	0,04	0,10	0,41	0,06	0,01

Sütunlardaki aynı küçük harfler, mikro besin stoklarının meşcere tipleri arasında fark bulunmadığını ($P>0,05$) göstermektedir.

Toprak karbon ve makro besin yoğunluğu

Çalışmada subasar ortamda Dşc3 meşcerelerinde toprak karbon yoğunluğu ortalama %2,90 belirlenirken, Dşd3 meşcerelerinde %3,89 olarak belirlenmiştir (Tablo 7). Karasal ortamda Dşc3 meşcerelerinde toprak karbon yoğunluğu %2,11, Dşd3 meşcerelerinde bu değer %3,49 bulunmuştur.

Subasar ortamdaki Dşc3 meşcerelerinin topraklarında N, Ca, Mg, P, K ve S yoğunlukları sırasıyla %0,28, %1,03, %1,76, %0,06, %0,86 ve %0,08 olarak belirlenirken, Dşd3 meşcere topraklarında bu değer sırasıyla %0,41, %1,05, %1,87, %0,06, %0,90 ve %0,09 olarak belirlenmiştir. Karasal ortamda Dşc3 meşcerelerinde toprak N, Ca, Mg, P, K ve S yoğunlukları sırasıyla %0,20, %0,76, %1,48, %0,04, %0,67 ve %0,06 olarak belirlenirken, Dşd3 meşcere topraklarında bu değer sırasıyla %0,37, %0,87, %1,60, %0,05, %0,78 ve %0,07 olarak belirlenmiştir.

Tablo 7. Subasar ve Karasal Ortamda, Farklı Meşçere Gelişme Çağlarındaki Dişbudakta Toprak Karbon ve Makro Besin Elementi Yoğunluğu

Yetiştirme Ortamı	Meşçere Tipi	Toprak derinliği (cm)	C (%)	N (%)	Ca (%)	Mg (%)	P (%)	K (%)	S (%)
Subasar ortam	Dşç3	0-10	5,65b	0,49a	1,68c	2,53b	0,10a	1,29b	0,12b
		10-20	5,32b	0,46a	1,24b	2,10c	0,09b	1,01bc	0,10bc
		20-30	2,14b	0,27b	1,02b	1,58b	0,06b	0,88b	0,10b
		30-60	0,94b	0,13b	0,76b	1,42b	0,04a	0,78b	0,06bc
		60-100	0,46a	0,06a	0,46a	1,15ab	0,02a	0,35a	0,04bc
		Ortalama	2,90b	0,28bc	1,03b	1,76bc	0,06c	0,86b	0,08bc
	Dşd3	0-10	7,25c	0,70b	1,43b	2,72b	0,08a	1,29b	0,12b
		10-20	6,98c	0,68b	1,12a	1,99bc	0,07b	1,13c	0,11c
		20-30	3,16c	0,32c	1,01b	1,87c	0,06b	0,93b	0,09b
		30-60	1,37c	0,25c	0,95c	1,53c	0,04a	0,74b	0,07c
		60-100	0,70b	0,09b	0,73c	1,22b	0,04b	0,42b	0,05c
		Ortalama	3,89c	0,41d	1,05b	1,87c	0,06c	0,90b	0,09c
Karasal ortam	Dşç3	0-10	4,66a	0,36a	1,14a	2,13a	0,07a	1,11a	0,09a
		10-20	3,47a	0,37a	0,93a	1,93b	0,05a	0,82a	0,07a
		20-30	1,14a	0,16a	0,76a	1,23a	0,03a	0,64a	0,06a
		30-60	0,55a	0,06a	0,56a	1,14a	0,02a	0,46a	0,04a
		60-100	0,73b	0,07a	0,43a	0,98a	0,02ab	0,35a	0,01a
		Ortalama	2,11a	0,20a	0,76a	1,48a	0,04ab	0,67a	0,06a
	Dşd3	0-10	7,11c	0,79b	1,22a	2,29a	0,09a	1,21b	0,10ab
		10-20	5,88b	0,55b	1,11a	1,76a	0,06a	0,96b	0,09b
		20-30	2,47b	0,25b	0,87a	1,54b	0,04a	0,71a	0,07a
		30-60	0,99b	0,15b	0,62a	1,32b	0,03a	0,57a	0,05ab
		60-100	0,99c	0,10b	0,53b	1,11a	0,03b	0,44b	0,03b
		Ortalama	3,49c	0,37cd	0,87a	1,60b	0,05b	0,78a	0,07ac

Sütunlardaki aynı küçük harfler, toprak karbon ve makro besin yoğunluklarının derinlik kademesine göre meşçere tipleri arasında fark bulunmadığını ($P>0.05$) göstermektedir.

Toprak mikro besin yoğunluğu

Subasar ortamda yetişen Dşç3 meşçerelerinin topraklarında Fe, Mn, Na, Cu, Zn, Cl, Ni ve Co yoğunlukları sırasıyla %2,19, %0,034, %1,52, %0,0060, %0,0130, %0,083, %0,010 ve %0,011 olarak belirlenirken, Dşd3 meşçere topraklarında bu değer sırasıyla %2,69, %0,039, %1,81, %0,0069, %0,0143, %0,098, %0,014 ve %0,014 olarak belirlenmiştir (Tablo 8). Karasal ortamda yetişen Dşç3 meşçerelerinin topraklarında Fe, Mn, Na, Cu, Zn, Cl, Ni ve Co yoğunlukları sırasıyla %1,19, %0,013, %0,83, %0,0042, %0,0072, %0,062, %0,0059 ve %0,0057 olarak belirlenirken, Dşd3 meşçere topraklarında bu değer sırasıyla %1,48; %0,022; %1,02, %0,0057, %0,0100, %0,078, %0,0089 ve %0,0069 olarak belirlenmiştir (Tablo 8).

Tablo 8. Subasar ve Karasal Ortamda, Farklı Meşçere Gelişme Çağlarındaki Dişbudak Topraklarının Mikro Besin Elementi Yoğunluğu

Yetiştirme Ortamı	Meşçere Tipi	Toprak derinliği (cm)	Fe (%)	Mn (%)	Na (%)	Cu (%)	Zn (%)	Cl (%)	Ni (%)	Co (%)
Subasar ortam	Dşç3	0-10	2,95b	0,046bc	2,18b	0,0094b	0,0173b	0,132b	0,014bc	0,017b
		10-20	2,45c	0,041b	1,65b	0,0075b	0,0142b	0,111b	0,012c	0,012b
		20-30	2,11b	0,038b	1,44b	0,0067b	0,0121c	0,096b	0,011b	0,010b
		30-60	2,01b	0,025b	1,21b	0,0043b	0,0111b	0,047b	0,008b	0,008a
		60-100	1,45c	0,018a	1,11b	0,0022b	0,0101b	0,026b	0,006a	0,005a
		Ortalama	2,19b	0,034c	1,52c	0,0060bc	0,0130c	0,083bc	0,010a	0,011b
	Dşd3	0-10	3,82c	0,057c	2,46b	0,0099b	0,0187b	0,157c	0,017c	0,022b
		10-20	2,98c	0,048b	2,14c	0,0082b	0,0152b	0,113b	0,015c	0,019b
		20-30	2,34b	0,041b	1,76c	0,0073b	0,0134c	0,079b	0,014b	0,012b
		30-60	2,14b	0,035c	1,43c	0,0056c	0,0130c	0,076c	0,009b	0,009a
		60-100	2,15d	0,015a	1,26b	0,0033c	0,0111b	0,067d	0,017b	0,007b
Ortalama		2,69b	0,039c	1,81c	0,0069c	0,0143c	0,098c	0,014a	0,014b	
Karasal ortam	Dşç3	0-10	1,77a	0,021a	1,18a	0,0074a	0,0112a	0,101a	0,008a	0,007a
		10-20	1,46a	0,012a	1,05a	0,0055a	0,0094a	0,091a	0,004a	0,005a
		20-30	1,22a	0,008a	0,77a	0,0037a	0,0042a	0,080b	0,003a	0,003a
		30-60	1,02a	0,005a	0,66a	0,0033a	0,0101b	0,027a	0,008b	0,008a
		60-100	0,49a	0,018a	0,47a	0,0012a	0,0010a	0,013a	0,006a	0,005a
		Ortalama	1,19a	0,013a	0,83a	0,0042a	0,0072a	0,062a	0,0059b	0,0057a
	Dşd3	0-10	2,45b	0,037b	1,25a	0,0079a	0,0129a	0,122a	0,012b	0,007a
		10-20	1,78b	0,018a	1,21a	0,0052a	0,0105a	0,103ab	0,007b	0,004a
		20-30	1,14a	0,007a	1,06a	0,0063b	0,0091b	0,059a	0,004a	0,007a
		30-60	1,04a	0,035c	0,93b	0,0046bc	0,0061a	0,058b	0,005a	0,009a
		60-100	0,97b	0,015a	0,66a	0,0043d	0,0111b	0,047c	0,017b	0,007b
Ortalama		1,48a	0,022b	1,02b	0,0057b	0,0100b	0,078b	0,0089c	0,0069a	

Sütunlardaki aynı küçük harfler, toprak mikro besin yoğunluklarının derinlik kademesine göre meşçere tipleri arasında fark bulunmadığını ($P>0.05$) göstermektedir.

Toprak karbon ve makro besin stoku

Subasar ortam Dşç3 meşçeresinde toprak organik karbon (TOK) stoku (196,8 ton/ha), Dşd3 meşçeresinden (294,4 ton/ha) yaklaşık %33 daha düşük ($P<0,05$) bulunmuştur (Şekil 2a). Karasal ortamdaki TOK stoku ise, subasar ortama göre daha azdır. Bununla beraber, karasal ortamda da, Dşd3 meşçerelerinin TOK stoku, Dşç3 meşçerelerinden daha yüksektir. Karasal ortam Dşç3 meşçeresinde TOK stoku 183,1 ton/ha iken, Dşd3 meşçeresinde 282,4 ton/ha olarak tespit edilmiştir.

Toprak derinliğine bağlı olarak her iki ortamda da TOK stokunda azalma belirlenmiştir. Subasar ortamdaki Dşç3 ve Dşd3 meşçereleri için belirlenen toplam organik karbonun yaklaşık %71'i üst topraklarda (0-30 cm), %29'u ise alt topraklarda (30-100 cm) stoklanmaktadır. Bu oranlar karasal ortamda, %66 üst toprak ve %34 alt toprak olarak hesaplanmıştır.

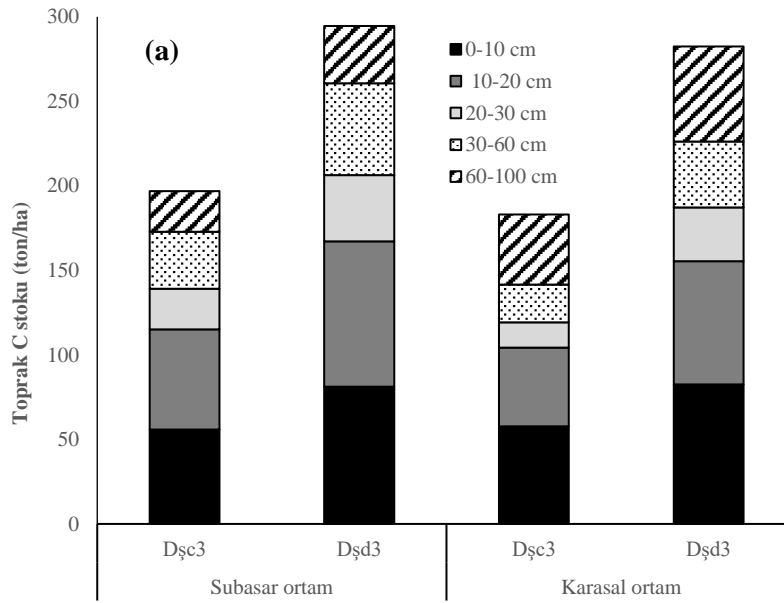
Subasar ortamdaki toprakların toplam azot (TA) stoku, TOK stokunda olduğu gibi, karasal ortamdaki toprakların toplam azot (TA) stoku, Dşç3 meşçerelerinden daha fazladır. Subasar ortamda Dşç3 ve Dşd3 meşçerelerinin TA stoku sırasıyla 20,4 ton/ha ve 34,1 ton/ha iken, karasal ortamda bu değerler sırasıyla 17,5 ton/ha ve 30,7 ton/ha olarak bulunmuştur.

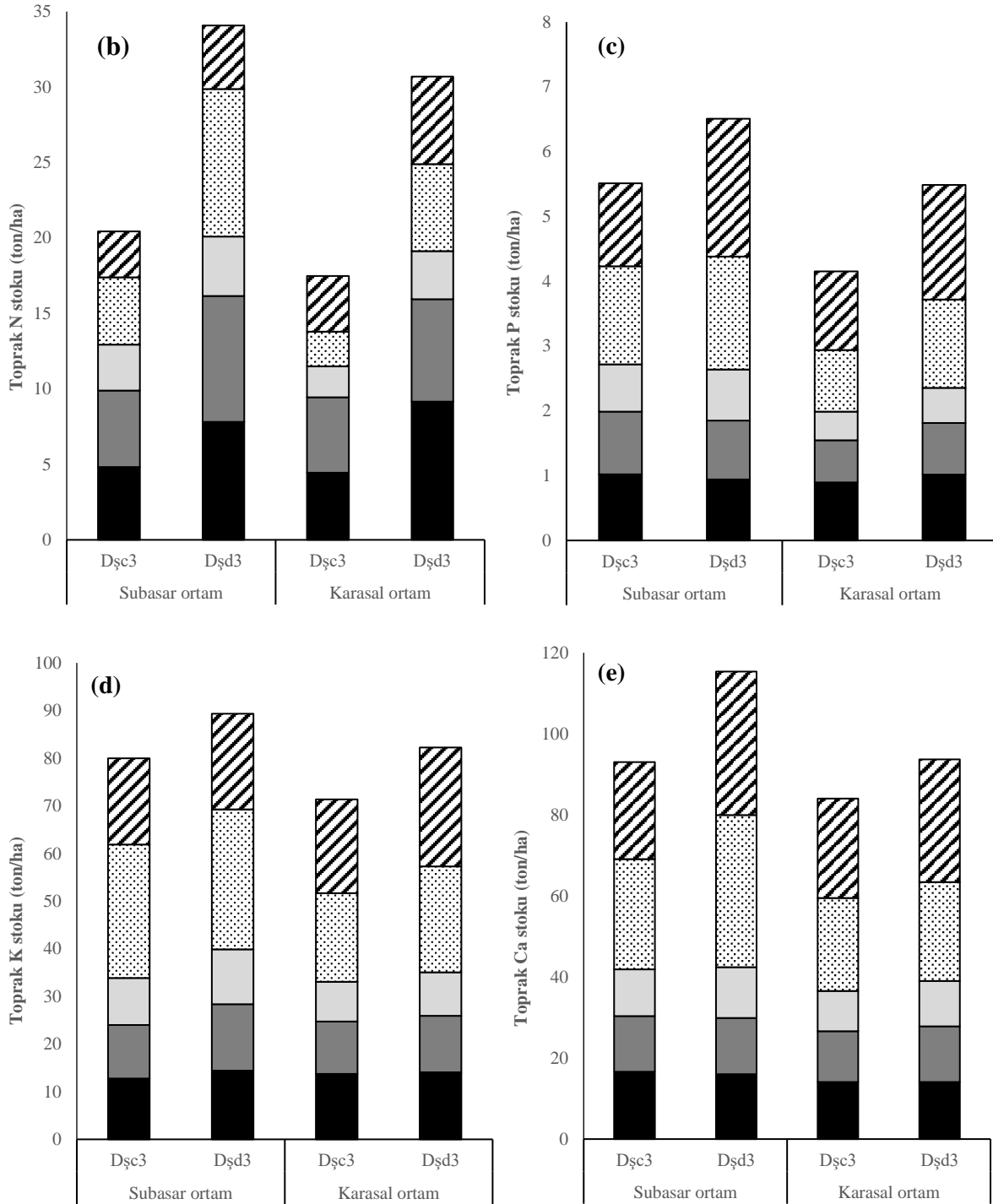
Toprak azot stoku da toprak derinliğine bağlı olarak, her iki ortamda azalma göstermiştir (Şekil 2b). Subasar ortamdaki Dşç3 ve Dşd3 meşçerelerinde, toplam azotun yaklaşık %61'i üst

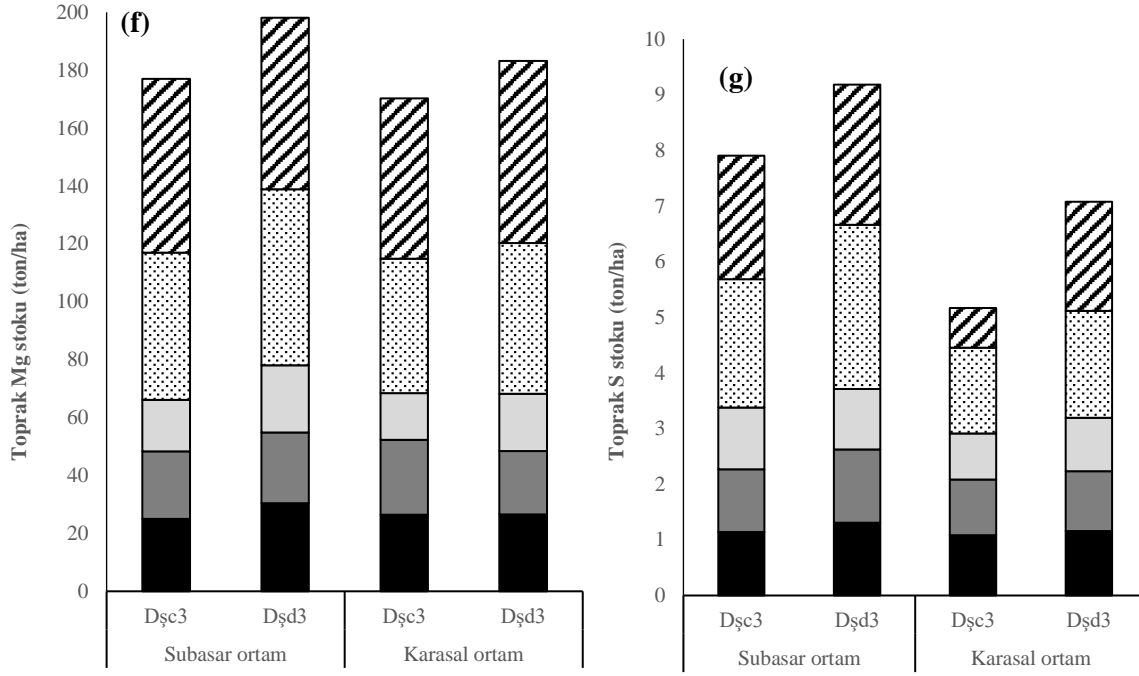
topraklarda, %49'u alt topraklarda stoklanırken, karasal ortamda bu oranlar %64 üst toprak, %36 alt toprak olarak hesaplanmıştır.

Toprak P, K, Mg, Ca ve S stokları da subasar ortamda ve Dşd3 meşcerelerinde daha yüksek bulunmuştur (Şekil 2c-g). Subasar ortamdaki Dşc3 meşcerelerinde toprak P, K, Mg, Ca ve S stoku sırasıyla 5,51 ton/ha, 80 ton/ha, 177 ton/ha, 93 ton/ha ve 7.90 ton/ha iken; Dşd3 meşcerelerinde bu değerler sırasıyla 6.52 ton/ha, 89 ton/ha, 198 ton/ha, 115 ton/ha ve 9,18 ton/ha olarak belirlenmiştir. Karasal ortamda Dşc3 meşcereleri değerleri ise, sırasıyla 4.15 ton/ha, 71 ton/ha, 170 ton/ha, 84 ton/ha ve 4,85 ton/ha iken; Dşd3 meşcerelerinde sırasıyla 5,49 ton/ha, 82 ton/ha, 183, 9 ton/ha ve 7,08 ton/ha olarak tespit edilmiştir.

Toprak C ve N stoklarına tezat olarak, diğer makro besin stoklarına alt toprakların katkı oranları üst topraklardan daha yüksek bulunmuştur. Subasar ortamda alt toprakların katkı yüzdeleri P, K, Mg, Ca ve S için sırasıyla %55, %57, %62, %59 ve %58 iken, karasal ortamda alt toprakların katkısı sırasıyla %55, %56, %62, %57 ve %51 olarak belirlenmiştir.





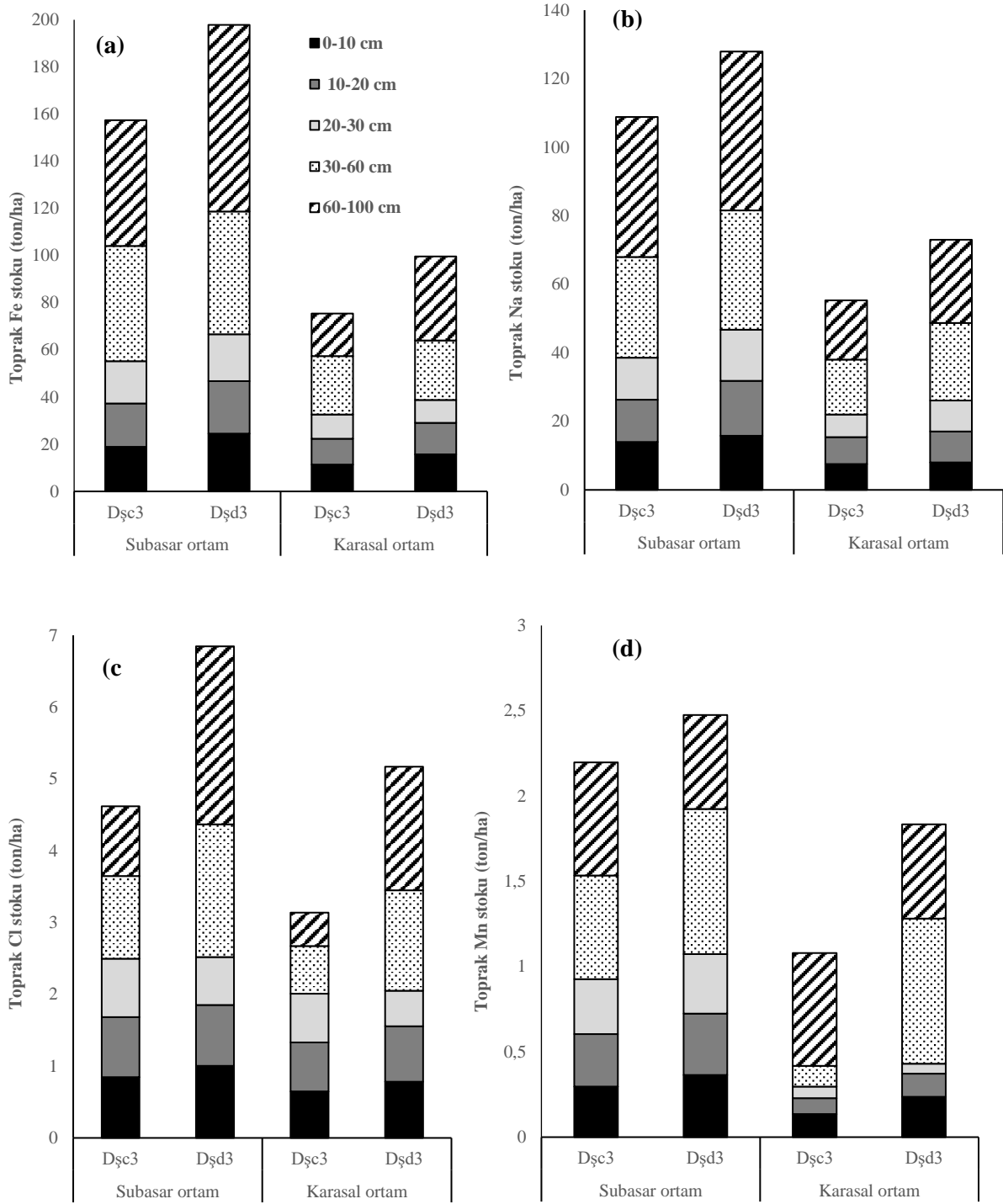


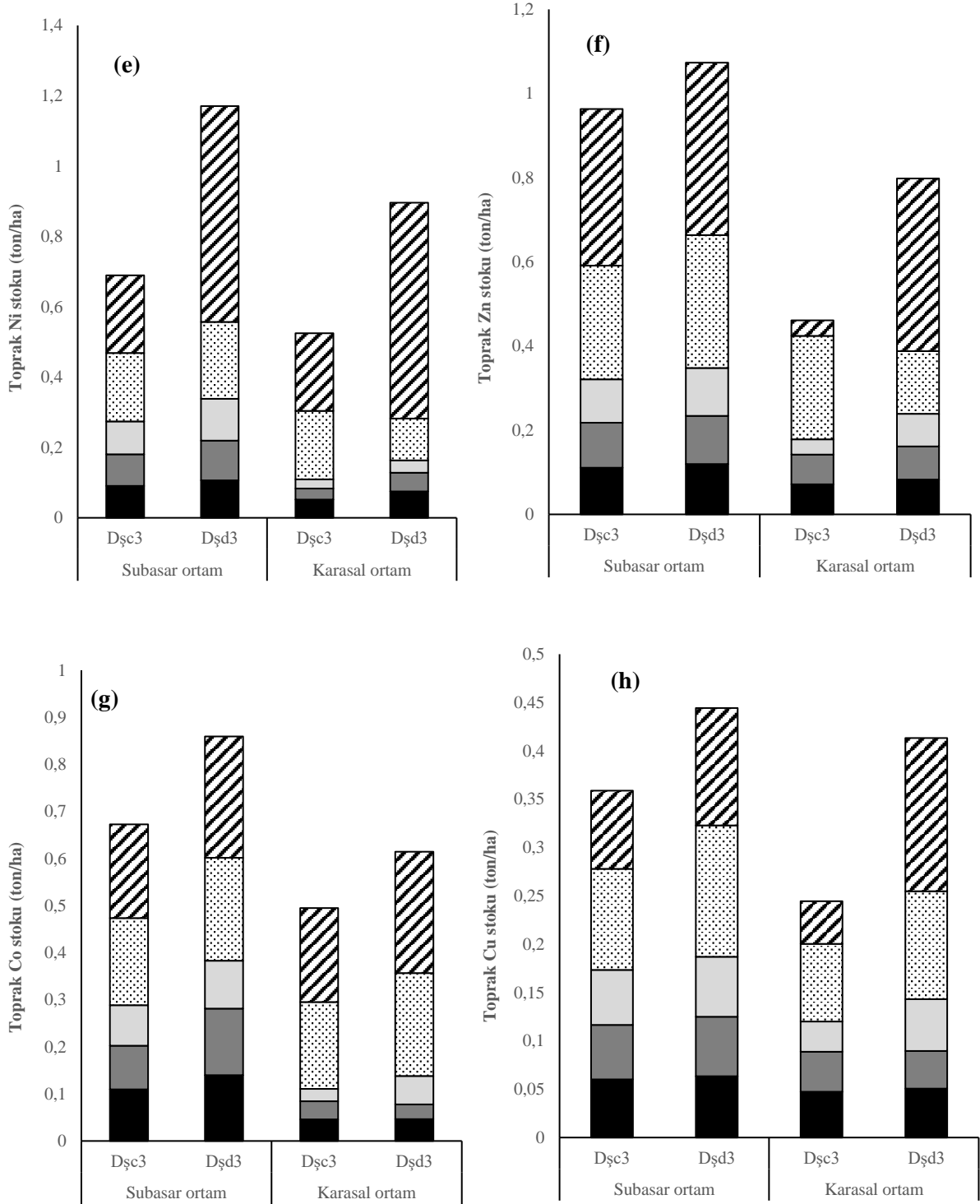
Şekil 2. Subasar ve Karasal Ortamda, Farklı Gelişme Çağındaki Dişbudak Meşcerelerinin Toprak Karbon ve Makro Besin Stoklarının Toprak Derinlik Kademelerine Göre Değişimi

Toprak mikro besin stoku

Toprak mikro besin stokları da subasar ortamda ve Dşd3 meşcerelerinde daha yüksek bulunmuştur (Şekil 3a-h). Subasar ortamdaki Dşc3 meşcerelerinde toprak Fe, Mn, Na, Cu, Zn, Cl, Ni ve Co stoku sırasıyla 157 ton/ha, 2,20 ton/ha, 109 ton/ha, 0,36 ton/ha, 0,96 ton/ha, 4,62 ton/ha, 0,69 ton/ha ve 0,67 ton/ha iken, Dşd3 meşcerelerinde bu değerler sırasıyla 198 ton/ha, 2,48 ton/ha, 128 ton/ha, 0,44 ton/ha, 1,07 ton/ha, 6,85 ton/ha, 1,17 ton/ha ve 0,86 ton/ha olarak belirlenmiştir. Karasal ortam Dşc3 meşcereleri değerleri ise, sırasıyla 75 ton/ha, 1,08 ton/ha, 55 ton/ha, 0,24 ton/ha, 0,46 ton/ha, 3,14 ton/ha, 0,52 ton/ha ve 0,49 ton/ha iken, Dşd3 meşcerelerinde sırasıyla 100 ton/ha, 1,83 ton/ha, 73 ton/ha, 0,41 ton/ha, 0,80 ton/ha, 5,17 ton/ha, 0,90 ton/ha ve 0,61 ton/ha olarak tespit edilmiştir.

Mikro besin stoklarına, makro besin stoklarında olduğu gibi (N hariç), alt toprakların katkı oranları üst topraklardan daha yüksek bulunmuştur. Subasar ortamda alt toprakların katkı yüzdeleri Fe, Mn, Na, Cu, Zn, Cl, Ni ve Co için sırasıyla %65, %59, %64, %55, %68, %55, %65 ve %56 iken, karasal ortamda alt toprakların katkısı sırasıyla %59, %74, %62, %58, %65, %52, %81 ve %78 olmuştur.





Şekil 3. Subasar ve Karasal Ortamlarda, Farklı Gelişme Çağındaki Dışbudak Meşcerelerinin Toprak Mikro Besin Stoklarının Toprak Derinlik Kademelerine Göre Değişimi.

TARTIŞMA

Ölü örtü miktarı, karbon ve besin stokları

Hem subasar ve hem de karasal ortamdaki dişbudak meşcerelerinin ölü örtü miktarına ait bulgularımız (sırasıyla 3580 kg/ha ve 1580 kg/ha) genel olarak Türkiye’de karasal orman ekosistemlerinin geniş ve iğne yapraklı türleri için bildirilen ortalama değerden (8200 kg/ha) (Tolunay & Çömez, 2008) daha düşük bulunmuştur. Diğer yandan, bulgularımız, Langenbruch (2012) tarafından Almanya’da karasal ortamda saf dişbudak (*Fraxinus excelsior* L.) meşcereleri için bildirdiği ölü örtü miktarından (600 kg/ha) daha fazladır.

Subasar ormanlardaki ölü örtü miktarının, karasal orman ekosistemlerinden daha düşük olmasının sebebi ölü örtü ayrışma süreçlerinin karasal orman ekosistemlerinden daha hızlı olmasındandır (Neiff et al., 2006; Zhou et al., 2023). Sulak alanlardaki yüksek nem, fiziko-kimyasal şartların değişmesine neden olarak, ölü örtü ayrışma süreçlerini etkilemektedir (Torremorell & Gantes, 2010). Yüksek nem miktarı nedeniyle, anoksik ve soğuk koşullar altında ayrıştırıcıların solunumu azaldığı için, ölü örtü ayrışması yavaşlarken (Torremorell & Gantes, 2010; Fonseca et al., 2013), kolaylaşan yıkanma ve parçalanma ile ayrışma hızının arttığı belirtilmiştir (Larmola et al., 2006). Sonuç olarak yüksek nemin etkileri yetiştirme ortamına göre değişebilmektedir (Trinder et al., 2008; Datry et al., 2011; Straková et al., 2011; Fonseca et al., 2013; Duan et al., 2018).

Bununla beraber, subasar ormanlarda, döküntü miktarını ve ölü örtü ayrışma süreçlerini etkileyen şartlarda (suyun toprak yüzeyinde kalış süresi, meşcere yaşı, kapalılık, ağaç tür karışımı vd.) ölü örtü miktarında değişiklik gösterebilmektedir (Shure & Gottschalk, 1985; Li & Ye, 2014). Shure & Gottschalk (1985) tarafından subasar orman ekosisteminde gerçekleştirilen bir çalışmada dişbudak türünün (*Fraxinus pennsylvanica*) nehir ağzından uzaklaştıkça dökülen yaprak miktarının azaldığı, nehir ağzında, yıllık dökülen yaprak miktarı 1770 -1900 kg/ha/yıl iken yüksek alanda 200 kg/ha/yıl ile en düşük miktarda bulunduğu tespit edilmiştir. Li & Ye (2014) Mangrove ormanlarında yaşlı meşcerelerdeki ölü örtü ayrışmasının genç meşcerelerden daha hızlı olduğunu, bununda nedeni olarak yaşlı meşcerelerdeki çözülebilir organik maddenin ve besin elementlerinin daha hızlı yıkanmasına bağlamıştır. Benzer şekilde, çalışmada dişbudak meşcerelerinde ölü örtü miktarının suyun toprak yüzeyinde uzun süre kaldığı subasar ortamda ve daha genç (Dşc3) meşcerelerinde yüksek bulunması, döküntü miktarının bu ortamlarda daha yüksek, ölü örtü ayrışma süreçlerinin ise daha yavaş olmasına bağlanmıştır. Bununla beraber, genel bir sonuca varmak için bu ortamlardaki döküntü ve ayrışma süreçlerinin ortaya konulduğu çalışma sonuçlarına ihtiyaç bulunmaktadır.

Subasar ortamlarda ayrışma süreçlerinin karasal ortama göre daha hızlı gerçekleşmesi (Neiff et al., 2006; Zhou et al., 2023), ölü örtü miktarının toprak yüzeyinde daha az bulunmasına, dolayısıyla ölü örtünün karbon ve besin maddesi stoklarının karasal orman ekosistemlerine göre daha düşük olmasına neden olabilmektedir. Bulgularımızda dişbudak ölü örtüsünün C, N, P ve K stoku subasar ortamda sırasıyla 1,52; 0,052; 0,062 ve 0,123 ton/ha, karasal ortamda sırasıyla 0,83; 0,061; 0,051 ve 0,088 ton/ha olarak belirlenirken, Foster & Bhatti (2006), boreal iğne yapraklı, ılıman geniş yapraklı ve tropikal yağmur ormanlarının ölü örtüsünde stoklanan karbonun sırasıyla 37-113 ton/ha, 42-105 ton/ha ve 7-72 ton/ha arasında, azotun sırasıyla 0,6-1,1 ton/ha, 0,2-1,0 ton/ha ve 0,03-0,05 ton/ha arasında, fosforu sırasıyla 0,075-0,15 ton/ha, 0,20-0,10 ton/ha ve 0,001-0,005 ton/ha arasında ve potasyumu sırasıyla 0,3-0,75 ton/ha, 0,050-0,15 ton/ha ve 0,020-0,040 ton/ha arasında değiştiğini bildirmiştir. Çalışmalarında, yağış

miktarının daha yüksek olduğu karasal ekosistemlerdeki değerlerin, bulgularımızdaki değerlere yakın veya daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Foster & Bhatti (2006)'nin çalışmasında dikkat çeken bir husus, boreal alandan yağmur ormanlarına doğru gidildikçe ölü örtüdeki karbon ve besin stoklarındaki hızlı azalmadır. Bunun nedeni, yağışlardan kaynaklı karbon ve besin elementlerinin yıkanmasına bağlanmıştır. Benzer durumun, subasar ormanlardaki dişbudak ölü örtüsünün daha düşük karbon ve besin stokuna sahip olmasında önemli olabileceği değerlendirilmiştir. Pang et al. (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise geniş ve iğne yapraklı ormanlardaki ölü örtü karbon stokunun 1,63-2,53 kg/ha, N stokunun 0,070-0,077 ton/ha ve P stokunun 0,0069-0,078 ton/ha arasında değişiklik gösterdiğini bildirmiştir. Bu değerler bulgularımıza yakın değerlerdir.

Türkiye'de yapılan konu ile ilgili çalışmalarda genel olarak ölü örtünün stokladığı karbon miktarına yoğunlaştığı için, ölü örtü makro ve mikro besin stokları hakkında sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Güner & Özkan, 2019). Tolunay & Çömez (2008), Türkiye'nin ibrelili ve geniş yapraklı karasal ormanlarının ölü örtüsünün stokladığı ortalama organik karbon miktarını sırasıyla 7,8 ton/ha (0,5-41,8) ve 3,1 ton/ha (0,4-9,4) olarak, bulgularımızdaki ortalama karbon stoklarından oldukça yüksek olarak bildirmiştir. Güner & Özkan (2019) karaçam ormanlarındaki ölü örtüdeki makro besin stokların hektarda ton olarak, N için 0,024-0,19, P için 0,0013-0,015, K için 0,006-0,070, Ca için 0,098-0,515, Mg için 0,007-0,069 ve S için 0,0043-0,040 arasında değiştiğini, mikro besin stoklarının ise Fe için 0,011-0,148, Mn için 0,0011-0,0083, Zn için 0,0002-0,0018, Cu için 0,00013-0,00097 arasında değiştiğini bildirmiştir. Bu konuda uluslararası çalışma sonuçları da sınırlı sayıdadır. Bu sınırlı sayıdaki çalışmalardan, Balboa-Murias et al. (2006) karasal meşe ormanlarındaki ölü örtü miktarını hektarda 79 ton, ölü örtüdeki karbon stoku 24,8 ton olarak bildirirken, makro besin (N, P, K, Ca ve Mg) stoklarını sırasıyla 1,18; 0,051; 0,11; 0,29 ve 0,056 ton/ha, mikro besin (Fe, Mn, Zn, Cu ve Ni) stoklarını ise sırasıyla 0,65; 0,045; 0,0031; 0,00071 ve 0,00071 ton/ha olarak bildirmiştir. Bulgularımızda dişbudak ölü örtüsünün Fe, Mn, Zn, Cu ve Ni stoklarını subasar ortamda sırasıyla 0,031; 0,00067; 0,00052; 0,00052 ve 0,0037 ton/ha, karasal ortamda sırasıyla 0,018; 0,00055; 0,00010; 0,00004 ve 0,00006 ton/ha olarak belirlenmiştir. Bulgularımız Balboa-Murias et al. (2006) tarafından bildirilen değerlerden daha düşüktür.

Toprak karbon ve besin stokları

Karacabey subasar ormanların asli ağaç türü olan dişbudak meşcerelerinin toprakları, subasar ortamda karasal ortama kıyasla daha yüksek organik karbon, makro ve mikro besin stokuna sahip olmuştur. Her iki ortamda da Dşd3 meşcerelerdeki TOK stoku Dşç3 meşcerelerden daha fazla bulunmuştur.

Genel olarak subasar orman ekosistemlerinin karasal orman ekosistemlerine göre birim alanda daha fazla karbon stokladığı birçok çalışmada bildirilmiştir. Aynı bölgede, arazi kullanım değişikliğinin toprak karbon ve azot stoklarına etkisinin araştırıldığı çalışmada, dişbudak meşcerelerinin ortalama karbon stokunu (130 cm toprak derinliği için) sırasıyla 393 ton/ha olarak belirlerken, çevresindeki kızılçam meşcerelerinde bu değer 162 ton/ha olarak bulunmuştur (Sarıyıldız et al., 2022).

Tolunay ve Çömez (2008) Türkiye genelinde bir metre toprak derinliği için geniş yapraklı türlerde stoklanan organik karbon miktarını ortalama 80,4 ton/ha, iğne yapraklı türler için 77,1 ton/ha olarak bildirdiği ve değerlendirildiğinde, subasar ormanlarının atmosferdeki CO₂

miktarının azaltılmasında, birim alanda topraklarında stokladığı yüksek organik karbon ile önemli katkı sağladığı daha iyi anlaşılmaktadır.

Subasar orman topraklarının yüksek organik karbon stoklarına sahip olduğunu ortaya koyan uluslararası çalışmalar mevcuttur. Örneğin, Cierjacks et al. (2010) farklı ağaç türlerini bünyesinde barındıran sulak alanda yaptığı araştırmada yaşlı meşcerelerdeki ortalama karbon stokunu bir metre toprak derinliği için hektarda 138 ton, genç meşcereler için 113 ton olarak bildirmişlerdir. D'Elia et al. (2017) sulak alanlarda, bir metre derinlik için hektardaki değerleri 220 ton, 3 metre derinlik için 286 ton olarak rapor etmişlerdir. Jaramillo et al. (2003) tropikal bölge subasar orman alanlarındaki toprak organik karbon stokunu ilk 60 cm derinlik için hektarda 114 ton olarak belirlemiştir. Hanberry et al. (2015) çalışmalarıyla TOK stokunun ileri yaşlardaki meşcerelerde hektarda 160 ton ile 317 ton arasında farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Karacabey subasar dişbudak meşcereleri için elde ettiğimiz bulgularımız Cierjacks et al. (2010) ile Jaramillo et al. (2003) tarafından bildirilen değerlerden daha yüksek, D'Elia et al. (2017) ile Hanberry et al. (2015) tarafından bildirilen değerler arasındadır.

Subasar ormanların, karasal orman ekosistemlerine kıyasla daha fazla azot stokuna sahip olduğuna dair çalışmalarda bulunmaktadır. Örneğin, Jaramillo et al. (2003) tropikal subasar ormanlarında ilk 60 cm derinlik için toplam azot stokunu hektarda 16,7 ton olarak tespit ederken, bitişik karasal ormanda bu değeri 6,66 ton olarak bulmuştur. Karacabey subasar ormanlarında daha önce gerçekleştirdiğimiz çalışmada, dişbudak meşcerelerinin ortalama azot stoku (130 cm toprak derinliği için) 26,2 ton/ha, bölgede bulunan (500 m uzaklıkta) kızılçam meşcerelerinin azot stoku ise 15,9 ton olarak bulunmuştur (Sarıyıldız et al., 2022).

Konu ile ilgili hem karasal hem de subasar orman ekosistemlerinde yapılan çalışmalarda, çoğunlukla toprakların organik karbon ve toplam azot stoklarına yönelik sonuçların daha fazla rapor edildiği, diğer makro ve mikro besin stoklarına yönelik sonuçların ise oldukça sınırlı olduğu anlaşılmaktadır (Güner & Özkan, 2019). Türkiye'de ise yaptığımız literatür taraması ve bilimiz dahilinde Karacabey subasar ormanlarının topraklarındaki makro ve mikro besin stoklarına yönelik çalışma ilk olma özelliğini taşımaktadır.

Bulgularımızda dişbudak topraklarının C, N, P, K, Ca, Mg ve S stoku subasar ortamda sırasıyla 246 ton/ha, 27,3 ton/ha, 6,02 ton/ha, 84 ton/ha, 104 ton/ha, 188 ton/ha ve 8,5 ton/ha, karasal ortamda sırasıyla 233 ton/ha, 24,1 ton/ha, 4,82 ton/ha, 77 ton/ha, 89 ton/ha, 177 ton/ha ve 6,0 ton/ha olarak belirlenirken, Fe, Mn, Na, Cu, Zn, Cl, Ni ve Co stoklarını subasar ortamda sırasıyla 178 ton/ha, 2,34 ton/ha, 118 ton/ha, 0,40 ton/ha, 1,02 ton/ha, 5,74 ton/ha, 0,93 ton/ha ve 0,77 ton/ha, karasal ortamda sırasıyla 87 ton/ha, 1,46 ton/ha, 64 ton/ha, 0,33 ton/ha, 0,63 ton/ha, 4,16 ton/ha, 0,71 ton/ha ve 0,55 ton/ha olarak belirlenmiştir. Bu değerler farklı karasal orman ekosistemleri için bildirilen değerlerle karşılaştırıldığında daha yüksek (Foster & Bhatti, 2006; Balboa-Murias, 2006), daha düşük veya yaklaşık aynı (Pang et al., 2020) olduğu görülmüştür. Örneğin, Foster & Bhatti (2006), boreal iğne yapraklı, ılıman geniş yapraklı ve tropikal yağmur ormanlarının topraklarında stoklanan karbonun sırasıyla 41-207 ton/ha, 185-223 ton/ha ve 2-188 ton/ha arasında, azotun sırasıyla 0,7-2,87 ton/ha, 2-9,45 ton/ha ve 5-19,2 ton/ha arasında, fosforun sırasıyla 0,04-1,06 ton/ha, 0,91-1,68 ton/ha ve 0,06-7,2 ton/ha arasında ve potasyumun sırasıyla 0,07-0,8 ton/ha, 0,01-38 ton/ha ve 0,05-7,1 ton/ha arasında değiştiğini bildirmiştir. Balboa-Murias et al. (2006) karasal meşe ormanlarında, 30 cm topraktaki karbon stokunu 131 ton olarak bildirirken, makro besin (N, P, K, Ca ve Mg) stoklarını sırasıyla 11,7 ton/ha, 0,015 ton/ha, 0,24 ton/ha, 0,10 ton/ha ve 0,041 ton/ha, mikro besin (Fe, Mn, Zn, Cu ve Ni) stoklarını ise sırasıyla 0,48 ton/ha, 0,019 ton/ha, 0,0015 ton/ha,

0,0018 ton/ha ve 0,00074 ton/ha olarak bildirmiştir. Pang et al. (2020) ise geniş ve iğne yapraklı ormanlardaki topraktaki karbon stokunun 89,5-132,3 ton/ha, N stokunun 4,36-97,1 ton/ha ve P stokunun 7,97-12,6 ton/ha arasında değişiklik gösterdiğini bildirmiştir.

Bulgularımız, dışbudak meşcerelerinin üst topraklardaki karbon ve besin elementi stokunu, alt topraklardan daha fazla olduğunu göstermiştir. Bu sonuç, konu ile ilgili daha önce yapılan birçok çalışma sonuçlarıyla (Prusty et al., 2009; Yang & Chen, 2017; Pang et al., 2020) benzerlik göstermektedir. Üst toprakların yüksek karbon ve besin stokuna sahip olmasının en önemli nedeni, üst topraklardaki karbon ve besin stoklarına, yüzeydeki ölü örtüden katılımlarının ve mikroorganizma faaliyetlerinin bu kısımda daha aktif olmasına bağlanmıştır (Jobbagy & Jackson, 2000). Bununla beraber, bulgularımızda, toprak C ve N stoklarına tezat olarak, diğer makro ve mikro besin stoklarına alt toprakların katkı oranları üst topraklardan daha yüksek bulunmuştur. Bunun en önemli nedeninin, ölü örtünün ayrışması ile toprağa ulaşan besin elementlerinin subasar ortamdaki yıkanmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Yıkanma ile besin elementi kayıplarının nemli iklime sahip olan bölgelerde daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Havlin et al., 1999; Lehmann & Schroth, 2003).

SONUÇ

Karacabey subasar ormanlarında gerçekleştirilen çalışmada, subasar ortam koşullarındaki yüksek nem miktarının, (1) fiziko-kimyasal şartların değişime neden olarak meşceredeki ölü örtü miktarını ve dolayısıyla ölü örtü ve toprak karbon ve makro ve mikro besin stokunu önemli derecede etkilediği, (2) subasar ortamlardaki ölü örtünün ve topraklarının karasal ortama göre daha fazla karbon ve besin stokladığı, (3) organik karbon ve azotun daha çok üst topraklarda, diğer makro ve mikro besinlerin ise su ile yıkanmaya bağlı olarak daha çok alt topraklarda stoklandığı, (4) toprak karbon ve besin stoklarının iki meşcere gelişme çağı (Dşc3 ve Dşd3) arasında önemli farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Dışbudak meşcereleri, gelişme çağındaki artışa bağlı olarak karbon ile makro ve mikro besin stoklarında artış göstermiştir. Konu ile ilgili yapılan ulusal ve uluslararası çalışmalarda da genel olarak toprak karbon ve besin stoklarının meşcere gelişme çağlarının artışı ile pozitif yönde bir artış gösterdiği bildirilmiştir (Güner ve Özkan, 2019; Novák et al., 2017). Bu durum, yaşın artmasına bağlı olarak kütlenin artmasına bağlanmıştır. Bununla beraber, genel olarak subasar ve karasal orman ekosistemleri kendi aralarında değerlendirildiğinde, subasar orman ekosistemlerinin ölü örtüsünün karbon ve besin stoklarının karasal orman ekosistemlerine göre daha az, topraklarının ise daha fazla karbon ve besin stokladığı sonucuna varılmıştır. Çalışma, Türkiye’de ilk defa konusunda subasar orman ekosisteminde ölü örtü ve topraktaki karbon, makro ve mikro besin stoklarına yönelik veri sağlayan bir çalışma olması açısından önem kazanmaktadır.

YAZAR KATKILARI

Temel Sarıyıldız: Çalışmanın tasarımı, arazi çalışmaları, veri analizi ve makale yazımı.
Gamze Savacı: Arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları, makale yazımı

FİNANSAL DESTEK BEYANI

Bu çalışma, TÜBİTAK 1001 projesi kapsamında (Proje No 121O702) desteklenmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

ETİK KURUL ONAYI

Bu çalışma için etik kurul onayı gerekmemektedir.

TEŞEKKÜR

TÜBİTAK'a sağladığı finansal destek nedeniyle teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

- Aerts, R. (1997). Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems: a triangular relationship. *Oikos*, 79, 439-449. <http://dx.doi.org/10.2307/3546886>
- Akay, A. E., Gencal, B., & Taş, İ. (2017). Spatiotemporal change detection using landsat imagery: the case study of Karacabey flooded forest, Bursa, Turkey, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume IV-4/W4,. 4th International GeoAdvances Workshop, 14-15 October, Safranbolu, Karabük, Turkey.
- Balboa-Murias, M. A., Rojo, A., Álvarez, J. G., & Merino, A. (2006). Carbon and nutrient stocks in mature *Quercus robur* L. stands in NW Spain. *Annals of Forest Science*, 63 (5), 557-565. hal-00884009.
- Blake, G. R. & Hartge, K. H. (1986). Bulk density 1. Methods of soil analysis: part 1- physical and mineralogical methods, (methodsofsoilan1), 363-375.
- Chapin, F. S., Matson, P. A., & Vitousek, P.M. (2011). Principles of Terrestrial Ecosyst; Springer: New York, NY, USA.
- Cierjacks, A., Kleinschmit, B., Babinsky, M., & Kleinschroth, F. (2010). Carbon stocks of soil and vegetation on Danubian floodplains. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 173(5), 644 – 653.
- Cseh, V., Kiss, M., & Tanács, E. (2014). Carbon sequestration of floodplain forests: a case study from Hungary. Maros river valley, *Tiscia*, 40, 3-10.
- D'Elia, A. H., Liles, G. C., Viers, J. H., & Smart, D. R. (2017). Deep carbon storage potential of buried floodplain soils, *Scientific Report-UK*, 7, 8181, <https://doi.org/10.1038/s41598-017-06494-4>.
- Datry, T., Corti, R., Claret, C., & Philippe, M. (2011). Flow intermittence controls leaf litter breakdown in a French temporary alluvial river: the B drying memory. *Aquatic Science*, 73, 471-483.
- Day, F. P. Jr. (1982). Litter decomposition rates in the seasonally flooded Great Dismal Swamp. *Ecology*, 63, 670-678.
- Díaz-Pinés, E., Rubio, A., Van Miegroet, H., Montes, F., & Benito, M. (2011). Does tree species composition control soil organic carbon pools in Mediterranean mountain forests? *Forest Ecology and Management*, 262(10), 1895-1904. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.02.004>.

- Duan, H., Wang, L., Zhang, Y. N., Fu, X. H., Tsang, Y. F., Wu, J. H., & Le, Y. Q. (2018). Variable decomposition of two plant litters and their effects on the carbon sequestration ability of wetland soil in the Yangtze River estuary. *Geoderma*, 319, 230–238.
- Fonseca, A. L., Bianchini, I., Pimenta, C. M., Soares, C. B., Mangiavacchi, N. (2013). The flow velocity as driving force for decomposition of leaves and twigs. *Hydrobiologia*, 703, 59–67.
- Foster, N. W., & Bhatti, J. S. (2006). Forest Ecosystems: Nutrient cycling, pp.718–719. In: Encyclopedia of soil science. Eds. Lal, R., Taylor and Francis, New York, USA.
- Gachhadar, P., Baniya, C. B., & Mandal, T. (2022). Soil organic carbon stocks in the forests of different continents. *Our Nature*, 20(1): 57-69. DOI: <https://doi.org/10.3126/on.v20i1.45219>
- Güner, D., Özkan, K. (2019). Türkiye’deki karaçam ağaçlandırma alanlarında besin stoklarının belirlenmesi. *Ormanlık Araştırma Dergisi*, 6(2), 192-207. <https://doi.org/10.17568/ogmoad.552340>.
- Hanberry, B. B., Kabrick, J. M., & He, H. S. (2015). Potential tree and soil carbon storage in a major historical floodplain forest with disrupted ecological function, Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, 17(1), 17-23.
- Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L., & Nelson, W. L. (1999). Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management. 6th ed. Upper Saddle River, N. J.: Prentice Hall.
- Jaramillo, V. J., Kauffman, J. B., Renteria-Rodriguez, L., Cummings, D. L., & Ellingson, L. J. (2003). Biomass, carbon, and nitrogen pools in Mexican tropical dry forest landscapes. *Ecosystems*, 6, 609–629, DOI: 10.1007/s10021-002-0195-4.
- Jobbagy, E. G., & Jackson, R. B. (2000). The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications*, 10(2), 423–436. doi: 10.1890/1051-0761(2000)010[0423:TVDOSO]2.0.CO;2.
- Langenbruch, C. (2012). Effects of nutrient cycling through litter of different broadleaved deciduous tree species on soil biochemical properties and the dynamics of carbon and nitrogen in soil. PhD Thesis, Georg-August-University of Göttingen, Centre of Biodiversity and sustainable land use., s.93, Germany.
- Larmola, T., Alm, J., Juutinen, S., Koppisch, D., Augustin, J., Martikainen, P. J., & Silvola, J. (2006). Spatial patterns of litter decomposition in the littoral zone of boreal lakes. *Freshwater Biology*, 51, 2252–2264.
- Lee, J., Hopmans, J. W., Rolston, D. E., Baer, S. G., & Six, J. (2009). Determining soil carbon stock changes: Simple bulk density corrections fail. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 134, 251–256. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.07.006>.
- Lehmann, J., & Schroth, G. (2003). Nutrient Leaching. In: Schroth, G., Sinclair, F., Eds., *Trees, Crops and Soil Fertility*, CABI Publishing, Wallingford, 151-166.
- Li, T., & Ye, Y. (2014). Dynamics of decomposition and nutrient release of leaf litter in *Kandelia obovata* mangrove forests with different ages in Jiulongjiang estuary, China. *Ecol. Eng.*, 73: 454-460
- Martins, T. O., Silva-Neto, C. M., Siqueira, K. N., Carvalho, H. C. S., Moraes, D. C., Silva, P. H. F., Fonseca, C. S., Venturoli, F., & Calil, F. N. (2021). Accumulated litter and nutrient stock in biomass and soil in forest formations in the cerrado. *Scientia Forestalis*, 49(129), e3427. <https://doi.org/10.18671/scifor.v49n129.18>.
- Neiff, A. P., Neiff, J. J., & Casco, S. L. (2006). Leaf litter decomposition in three wetland types of the Parana River floodplain. *Wetlands* 26 (2006) 558–566.
- Novák, J., Dušek, D., Kacálek, D., & Slodičák, M. (2017). Analysis of biomass in young Scots pine stands as a basis for sustainable forest management in Czech lowlands. *Journal of Forest Science*, 63(12), 555-561. doi: 10.17221/136/2017-JFS.

- Oubrahim, H., Boulmane, M., Bakker, M. R., Augusto, L., & Halim, M. (2016). Carbon storage in degraded cork oak (*Quercus suber*) forests on flat lowlands in Morocco. *iForest* 9, 125-137. <https://doi.org/10.3832/ifor1364-008>.
- Pang Y., Tian J., Zhao X., Chao Z., Wang Y., Zhang X., et al., (2020). The linkages of plant, litter and soil C: N: P stoichiometry and nutrient stock in different secondary mixed forest types in the Qinling Mountains, China. *Peer J*, 8, e9274. doi: 10.7717/peerj.9274.
- Prescott C. E., & Vesterdal, L. (2021). Decomposition and transformations along the continuum from litter to soil organic matter in forest soils. *For. Ecol. Manag.* 498, 119522 <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119522>
- Prusty, B. A. K., Chandra, R., & Azeez, P. A. (2009). Distribution of carbon, nitrogen, phosphorus, and sulfur in the soil in a multiple habitat system in India. *Soil Research*, 47(2), 177–189. doi: 10.1071/SR08087.
- Reddy, K. R., & Patrick, Jr. W. H. (1975). Effect of alternate aerobic and anaerobic conditions on redox potential, organic matter decomposition and nitrogen loss in a flooded soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 7, 87-94.
- Sarıyıldız, T., & Tanı, M. (2023). Root biomass and root carbon and nitrogen stocks of ash, alder, and oak stands in Karacabey floodplain forest. *Forestist*, 73(1), 97-107.
- Sarıyıldız, T., Aygün, D. Ö., Parlak, S., & Tani, M. (2022). Effects of land use types and soil depths on soil organic carbon and total nitrogen stocks of Karacabey floodplain forests in northwest Turkey. *Wetlands*, 42, 102.
- Sarıyıldız, T., Savacı, G., & Kravkaz, I. S. (2015). Effects of tree species, stand age and landuse change on soil carbon and nitrogen stock rates in northwestern Turkey. *iForest*, 9(1), 165-170. <https://doi.org/10.3832/ifor1567-008>.
- Savacı, G., & Tümer, G. A. (2022). Effect of development stages on soil carbon and nitrogen stocks of sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl): A case study of Taşköprü, Kastamonu. *Artgrid-Journal of Architecture Engineering And Fine Arts*, 4(2), 240-253. <https://doi.org/10.57165/artgrid.1203364>
- Savacı, G., Sarıyıldız, T., Çağlar, S., Kara, F & Topal E. (2021). The effects of windthrow damage on soil properties in Scots pine, black pine and Kazdağı fir stands in the northwest Turkey. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 21(3), 229-243. <https://doi.org/10.17475/kastorman.1049328>
- Sehlesinger W. H. (1977). Carbon balance in terrestrial detritus. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 8, 51-81.
- Shure, D. J., & Gottschalk, M. R. (1985). Litterfall patterns in a floodplain forest. *Amer. Midl. Nat* 114: 98-111.
- Stewart, A. J., Halabisky, M., Babcock, C. et al. (2024). Revealing the hidden carbon in forested wetland soils. *Nat Commun*, 15, 726. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-44888-x>
- Straková, P., Niemi, R. M., Freeman, C., Peltoniemi, K., Toberman, H., Heiskanen, I., Fritze, H., & Laiho, R. (2011). Litter type affects the activity of aerobic decomposers in a boreal peatland more than site nutrient and water table regimes. *Biogeosciences*, 8, 2741–2755.
- Sutfin, N. A., Wohl, E. E., & Dwire, K. A. (2016). Banking carbon: a review of organic carbon storage and physical factors influencing retention in floodplains and riparian ecosystems. *Earth Surface Processes and Landforms*, 41, 38–60.
- Tolunay, D., & Çömez, A. (2008). Türkiye ormanlarında toprak ve ölü örtüde depolanmış organik karbon miktarları. *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*. 22-25 Ekim 2008, Hatay. 750-765.

- Torremorell, A., & Gantes, P. (2010). Decomposition and nitrogen dynamics of *Rhynchospira asperula* in floating soils of Esteros del Iberá, Argentina. *Wetlands Ecology and Management*, 18, 191–201.
- Trettin, C. C., Jurgensen, M. F., Gale, M. R., & McLaughlin, J. W. (2011). Recovery of carbon and nutrient pools in a northern forested wetland 11 years after harvesting and site preparation. *Forest Ecol. Manag.*, 262, 1826–1833.
- Trinder, C. J., Johnson, D., & Artz, R. R. (2008). Interactions among fungal community structure, litter decomposition and depth of water table in a cutover peatland. *FEMS Microbiol Ecology*, 64, 433–448.
- Yang, C., & Chen, Y. (2017). Coupling of plant and soil C:N:P stoichiometry in black locust (*Robinia pseudoacacia*) plantations on the Loess Plateau China. *Trees*, 31(5), 1559–1570. doi: 10.1007/s00468-017-1569-8.
- Zhou, X., Dong, K., Tang, Y., Huang, H., Peng, G., & Wang, D. (2023). Research progress on the decomposition process of plant litter in wetlands: A Review. *Water*, 15 (18), 3246. <https://doi.org/10.3390/w15183246>.