

Bursa, Karacabey subasar ormanı kızilağaç meşcerelerinde yıllık döküm miktarı ve bu yolla ekosisteme giren karbon ve besin maddesi

Temel Sariyıldız^{a,*} 

Özet: Bu çalışmanın temel amacı, Bursa Karacabey subasar ormanlarında, iki farklı ortamdaki (sulak ve karasal) doğal kızilağaç (*Alnus glutinosa* L.) Kzc3 ($d_{1,3}=20-35,9$ cm) ve Kzd3 ($d_{1,3}=36,0-51,9$ cm) meşcere gelişim çağlarında, ağaç bileşenlerinin (yaprak, dal, tohum ve diğer) yıllık döküm miktarı ve döküm ile ölü örtüye ulaşan karbon ve makro (N, P, K, Ca, Mg ve S) ve mikro (Fe, Mn, Na, Cu, Zn, Cl, Ni ve Co) besin elementi miktarını belirlemektir. Çalışma 2021, 2022 ve 2023 yıllarında yürütülmüştür. Bulgulara göre, yıllık ortalama döküm miktarı, sulak ortamdaki Kzc3 için hektarda 10407 kg, Kzd3 için 7678 kg iken, karasal ortamdaki Kzc3 ve Kzd3 için bu değerler daha düşük olup sırasıyla 8157 ve 5907 kg olarak tespit edilmiştir. Toplam döküntüye, yaprak miktarının katkı oranı, sulak ortamdaki Kzc3 ve Kzd3 meşcerelerinde sırasıyla %45 ve %47 iken, bu oranlar karasal ortamda %37 ve %41 olarak belirlenmiştir. Döküntü miktarı meşcere tipine göre farklılık göstermiş ve genel olarak meşcere yaşı ve ortalama çapı arttıkça döküntü miktarı azalmıştır. Sulak ortamda, döküntü ile ekosisteme giren yıllık ortalama karbon ve diğer makro ve mikro besin maddesi miktarları, genel olarak karasal ortamdaki Kzc3 ve Kzd3 meşcerelerine göre daha yüksektir. Örneğin, sulak ortamda Kzc3 için C, N, P, K, Ca, Mg ve S girdileri sırasıyla 4154; 130; 15; 48; 244; 48 ve 24 kg/ha/yıl olarak hesaplanırken, karasal ortamda bu değerler sırasıyla 3051; 104; 27; 49; 202; 38 ve 32 kg/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. Çalışma ile kızilağaç meşcerelerinin döküntü üretimi ve besin maddesi girişinin sulak ve karasal ortam ile meşcere gelişim çağlarına göre farklılık gösterdiği ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: *Alnus glutinosa*, Karacabey subasar ormanları, Döküntü miktarı, Karbon ve besin maddesi stoku

Annual litterfall and carbon and nutrient inputs into alder stands in Bursa, Karacabey forested wetlands

Abstract: Annual litterfall and the amount of carbon and macro (N, P, K, Ca, Mg and S) and micro nutrients (Fe, Mn, Na, Cu, Zn, Cl, Ni and Co) reaching into the forest floor by litterfall were determined in Kzc3 ($d_{1,3}=20-35,9$ cm) and Kzd3 ($d_{1,3}=36,0-51,9$ cm) stand development stages of natural alder stands (*Alnus glutinosa* L.) growing at two different sites (floodplain and terrestrial) in Bursa Karacabey forested wetlands. The study covers the years of 2021, 2022 and 2023. Results showed that annual litterfall in the floodplain site was 10407 kg/ha for the Kzc3 and 7678 kg/ha for the Kzd3 stands, while, it was 8157 and 5907 kg/ha/year in the terrestrial site respectively. The foliage contribution to the total litterfall was 45% for the Kzd3 and 47% for the Kzc3 in the floodplain site, while it was 37 and 41% in the terrestrial sites respectively. The litterfall varied with the stand type, and it increased with the diameter and age of the stands. The annual carbon and macro- and micro-nutrients inputs into the forest floor litter through by the litterfall in the floodplain site were generally higher than in the terrestrial site. For example, annual C, N, P, K, Ca, Mg and S inputs into the floodplain sites were 4154; 130; 15; 48; 244; 48 and 24 kg/ha/yr respectively, while they were 3051; 104; 27; 49; 202; 38 and 32 kg/ha in the terrestrial sites, respectively. This study indicates that litterfall production and nutrient inputs into the alder stands significantly vary with water condition and stand development stages in the forested wetland ecosystems.

Keywords: *Alnus glutinosa*, Karacabey forested wetlands, Litterfall, Carbon and nutrient stocks

1. Giriş

Sulak alanlara, Antartika hariç, tropik alanlardan tundra alanlarına kadar farklı iklim özelliklerine sahip bölgelerde rastlanmaktadır (Hu vd., 2017). Yeryüzü karasal alanlarının yaklaşık %6'sı (ortalama 800 milyon hektar) kaplayan sulak alanların, %60'ının subasar ormanlardan oluştuğu bildirilmiştir (Matthews ve Fung, 1987). Karasal alanların küçük bir kısmını oluşturmalarına rağmen, bölgesinde ve küresel ölçekte oynadığı rol, bulunduğu alandan çok daha önemlidir. Örneğin, sulak alanlar karasal toprak organik karbonun %20-30'unun stoku olup, küresel iklim değişikliğiyle mücadelede ve atmosferdeki CO₂'nin

azaltılmasında önemli rol oynamaktadır (Xia vd., 2022; Lausch vd., 2019).

Yeryüzünün en üretken ekosistemleri arasında yer alan subasar ormanlar, bulunduğu bölgede organik maddenin ve besin elementlerinin kaynağı, stoku ve aynı zamanda su akışıyla bitişik ekosistemlere transferini sağlayabilen ekosistem hizmetleri sunabilmektedir (Teskay vd., 2020). Karasal orman ekosistemlerinde olduğu gibi, subasar ormanlarda da döküntü, ağaç bileşenindeki (yaprak, dal, tohum, kabuk ve diğer kısımları) organik maddenin, ayrışma ve ardından besin elementlerinin salıverilmesiyle toprağa kazandırılmasını sağlayan önemli bir biyolojik süreçtir (Rogers, 2002; Dawoe vd., 2010; Kim vd., 2010; Demessie

✉ ^a Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): temel.sariyildiz@btu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 29.02.2024, **Accepted** (Kabul tarihi): 16.05.2024



Citation (Atıf): Sariyıldız, T., 2024. Bursa, Karacabey subasar ormanı kızilağaç meşcerelerinde yıllık döküm miktarı ve bu yolla ekosisteme giren karbon ve besin maddesi. Turkish Journal of Forestry, 25(2): 156-165. DOI: [10.18182/tjf.1444895](https://doi.org/10.18182/tjf.1444895)

vd., 2012). Döküntü, enerji ve besin transferinde ve toprak verimliliğinin korunmasında önemli bir rol üstlenmektedir (Lindsay ve French, 2005; Sayer ve Tanner, 2010). Ayrıca, döküntü, orman yüzeyindeki ölü örtünün miktarı ve gelişiminde de (ayrışması veya birikmesinde) aktif rol oynamaktadır (Giweta, 2020).

Toprak yüzeyinde, döküntüden beslenen ölü örtü, besin elementleri için geçici bir havuz görevi görmektedir (Gautam ve Mandal, 2018). Orman ekosistemlerinde ölü örtünün en önemli kaynağını döküm oluşturduğundan ve özellikle ölü örtünün miktarını ve kimyasal kalitesini etkilediğinden, orman ekosisteminde meydana gelen biyojeokimyasal olayların önemli bileşenlerinden sayılmaktadır (Pitman vd., 2010). Orman ekosistemlerinde besin elementlerinin biyojeokimyasal döngüsünde, döküntü, besin havuzları içinde üçüncü sırada yer almaktadır (Nordén, 1994; Barlow vd., 2007; Oziegbe vd., 2011). Böylelikle, döküntü, orman ekosisteminde, ağaç bileşenlerinin besin elementi konsantrasyonlarını ve yıllık üretimlerini de etkileyebilmektedir (Flower-Ellis ve Olsson, 1978).

Döküntü üretimi ve etki eden faktörler, karasal orman ekosistemlerinde çalışmalar yürüten araştırmacılar tarafından orman ekosistemlerindeki biyokütle verimliliğinin bir göstergesi ve ölçüsü olarak yaygın şekilde çalışılmış ve kullanılmıştır (Tam vd., 1998; Celentano vd., 2011; Tonin vd., 2017; Koray ve Tolunay, 2020; Kiracıoğlu vd., 2023). Bununla beraber, subasar ormanların döküm miktarı ve bu yolla ekosisteme kazandırılan karbon ve besin miktarı ve stokları konusunda çalışmaların oldukça sınırlı olduğu anlaşılmaktadır (Muzika vd., 1987; Tabacchi ve Planty-Tabacchi, 2003). Bilgimiz dahilinde, Türkiye subasar ormanlarında konu ile ilgili dışbudak meşcerelerinde tarafımızdan gerçekleştirilen bir çalışma dışında (yayın değerlendirme aşamasında) başka bir çalışma bulunmamaktadır. Hidrolojinin, özellikle dökülme zamanı üzerinde (şiddetli kuraklık şartlarında dökülme sürecini başlatarak) bir rol oynadığı bildirilmiştir (Lake, 1995; Rood vd., 2000). İspanya subasar orman alanlarında (kavak, gürgen, dışbudak ve söğüt türlerinin baskın olduğu subasar ormanlık alanlarda), Gonzalez (2012) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, subasar ormanların yıllık toplam döküntü miktarının (ortalama 5630 kg/ha/yıl) Akdeniz ve İberya nehirlerinin kıyılarında yetişen ormanlardan (ortalama 5510 kg/ha/yıl) daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Fakat çalışmada, toplam döküntü miktarına, yaprağın katkı oranının (%57), dünya geneli nehir kıyısı

orman ekosistemleri için bildirilen %70'den (Bray ve Gorham, 1964; Meentemeyer vd., 1982) daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Burada sunulan çalışmanın amacı, Karacabey subasar ormanlarında, iki farklı gelişim çağı (c ve d meşcereleri) ve iki farklı ortamdaki (sulak ve karasal) doğal kızılgağaç (*Alnus glutinosa* L.) meşcerelerinin, ağaç bileşenlerinin (yaprak, dal, tohum ve diğer) yıllık döküm miktarı ve döküm ile ekosisteme giren karbon ve makro (N, P, K, Ca, Mg ve S) ve mikro (Fe, Mn, Na, Cu, Zn, Cl, Ni ve Co) besin elementi konsantrasyonlarını ve stoklarını ortaya koymaktır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Çalışma alanının tanıtımı

Çalışma, Bursa Karacabey Subasar (Longoz) doğal kızılgağaç meşcerelerinde gerçekleştirilmiştir (40°23'38"-40°21'43" Kuzey enlemleri ile 28°23'02"-28°52'21"-28°34'01" Doğu boylamları) (Şekil 1). Çalışma alanı konum itibarıyla kuş uçuşu Karacabey ilçe merkezine 16 km, Mudanya ilçe merkezine 33 km, Bandırma ilçe merkezine 43 km, Bursa il merkezine 51 km uzaklıktadır. Karacabey iklimi, Akdeniz ikliminin, az da olsa Karadeniz iklimine geçiş özelliği gösteren şeklidir. Yıllık sıcaklık ortalamasının 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 (Aygün, 2021). Karacabey' in yıllık yağış miktarı ortalama 562 mm' dir.

Akay vd. (2017) tarafından orman amenajman haritası kullanılarak hazırlanmış detaylı arazi kullanım tipi haritasında, Karacabey Subasar ormanlarının toplam alanı yaklaşık 3800 ha olarak bildirilmiştir. Orman Genel Müdürlüğü'nün alana ait e-meşcere haritasında, geniş yapraklı ormanların çoğunluğunu dışbudak ve kızılgağaç saf veya karışık meşcereleri oluşturmaktadır. Karacabey subasar ormanların yüzey şekli kendi içinde tepelik bir arazi yüzeyi oluşturması yanında denizden ve çevrede bulunan iki lagün gölünden (Dalyan ve Arapçiftliği lagünleri) beslenen subasar ormanlarında, yılın çoğu aylarında (9-10 ay) suyun toprak yüzeyinde kaldığı alanlar yanında yılın sadece birkaç ayında (2-3 ay) suyun toprak yüzeyinde kaldığı alanları görmek mümkündür. Çalışmada, suyun toprak yüzeyinde uzun dönem kaldığı alanlar sulak ortam, kısa süre kaldığı alanlar ise karasal ortam olarak isimlendirilmiştir.



Şekil 1. Karacabey subasar ormanlarının konumu ve kızılgağaç çalışma sahası sulak ve karasal ortam görselleri

Karacabey subasar ormanlarında kızılgaç için birbirinden en az 200 m uzaklıkta 3'er adet 20 m x 20 m (400 m²) genişliğinde deneme alanları hem sulak ortamda hem de karasal ortamda belirlenmiştir. Meşcere gelişim çağ sınıflarında dikkate alınarak yapılan tespitler sonunda toplamda 12 deneme alanında [3 deneme alanı x 2 meşcere çağ sınıfı (c x d) x 2 farklı çalışma alanı (sulak ve karasal alan) = 12 adet deneme alanı] çalışma yapılmıştır.

2.2. Meşcere özelliklerinin belirlenmesi

Deneme alanlarındaki tüm ağaçların göğüs yüksekliğindeki (d_{1,30} cm) çapları kumpas yardımıyla ölçülmüş ve ilgili çizelgelere not edilmiştir. Dijital boy ölçer yardımıyla ağaçların ortalama 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.

2.3. Döküntünün belirlenmesi ve analizi

Sulak ve karasal ortamda yetişen kızılgaç ağaçlarından dökülen ve ölü örtüye katılan miktar, araziye yerleştirilen ölü örtü yakalama tuzakları yardımıyla aylık/yıllık olarak örneklenmiştir. Bu amaçla, 1 m yükseklikte, çitadan yapılmış, 0,5x0,5=0,25m² alana sahip döküntü yakalama kapanları kullanılmıştır. Her bir deneme alanına, 5'er adet kapan yerleştirilmiştir. Deneme alanlarına yerleştirilen ölü örtü kapanlarına düşen ölü kısımlarının (yaprak, dal, tohum, kabuk vb.) örneklenmesi 2021, 2022 ve 2023 yıllarında yapılmıştır.

Laboratuvara getirilen döküntü örnekleri etüvlerde 65°C sıcaklıkta sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuştur (Anderson ve Ingram, 1993). Örneklerin yaş ve kuru ağırlıkları arasındaki farktan elde edilen nem değerleri kullanılarak dökülen ölü örtü bileşenlerinin kuru ağırlıkları belirlenmiş ve sonrasında miktarları hektarda kilogram veya ton olarak hesaplanmıştır (Makineci, 1999).

Sonrasında, döküntü örneklerinin bir kısmı tüm bileşenler dahil (yaprak, ince dal, tohum, kabuk) birlikte öğütülmüş (karma örnek) ve kimyasal analize hazır hale getirilmiştir.

Öğütülen örnekler, poşetlere konularak analize kadar buzdolabında muhafaza altına alınmıştır.

Birlikte öğütülen ölü örtünün içerdiği karbon, azot ve diğer makro ve mikro besin miktarı için analizleri yapılmıştır. Karbon ve azot miktarı analizi, Eurovector EA3000-Single CNH-S elementel analiz cihazında, diğer makro ve mikro besin miktarı Spectro markalı Xepos II modeli olan XRF (X-Işın Floresans Spektrometresi) yardımıyla tayin edilmiştir.

2.4. İstatistiksel analiz

Çalışmada örnekleme alanlarından toplanan döküntü bileşenlerinin miktarı, karbon ve besin maddesi, bu yolla ölü örtüye giren karbon ve besin maddesi stoku bakımından meşcere gelişim çağları (c ve d) ve yetiştirme ortamı (sulak ve karasal ortam) arasındaki farklılıklar ile döküntü miktarı bakımından örnekleme yılları arasındaki farklılıklar tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Varyans analizi sonucunda anlamlı farklılıklar bulunması durumunda, ortalamaların karşılaştırılması Duncan testi ile yapılmıştır. İstatistik işlemler SPSS istatistik paket programı (IBM SPSS 20.0) kullanılarak bilgisayar ortamında yapılmıştır.

3. Bulgular

3.1. Çalışma alanı meşcere özellikleri

Çalışma alanındaki sulak ve karasal ortamda yetişen kızılgaç c ve d gelişim çağındaki meşcerelerinin bazı silvikültürel özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Sulak ortamda, örnekleme alanlarındaki kızılgaç ağaçlarının ortalama yaşları c ve d gelişim çağları için sırasıyla 49 ile 57 yıl, boyları 26,8 m ile 29,7 metre ve çapları 26,2 cm ile 46,2 cm arasında belirlenirken, karasal ortamda, ortalama yaşları 43 ile 52 yıl, boyları 29,4 m ile 32,2 m ve çapları 24,2 cm ile 39,4 cm olarak belirlenmiştir.

3.2. Döküntü miktarı

Çalışma alanındaki sulak ve karasal ortamda yetişen kızılgaç c ve d gelişim çağındaki meşcereleri için belirlenen 2021-2022 ve 2023 yılları ile bu yıllara ait ortalama değerler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Karasal ve sulak ortamda, c ve d çağında kızılgaç deneme 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
Sulak ortam	Kzc3	26,2 ± 1,56	26,8 ± 1,51	49 ± 3,12	Kapalı ve Tam kapalı 3 (%71 - %100)
	Kzd3	46,2 ± 2,67	29,7 ± 1,07	57 ± 1,21	
Karasal ortam	Kzc3	24,2 ± 0,56	29,4 ± 2,11	43 ± 1,12	Kapalı ve Tam kapalı 3 (%71 - %100)
	Kzd3	39,4 ± 1,17	32,2 ± 2,47	52 ± 3,33	

Çizelge 2. 2021, 2022 ve 2023 yılları arasında sulak ve karasal ortamda, c ve d meşcere çağlarında kızılgağaçta yıllık döküntü miktarı (kg / ha)

Yetiştirme ortamı	Meşcere tipi	Dökülme bileşenleri	Döküntü yılı ve miktarı (kg /ha)			
			2021	2022	2023	Ortalama
Sulak ortam	Kzc3	Yaprak	4314cA±501	5036cC±358	4543cAB±268	4631dB±249
		Dal	1880cB±107	1974bB±100	1365aA±87	1740bB±99
		Tohum	1254bC±64	628aB±78	436aA±56	773aB±78
		Diğer	1086cA±113	1492cC±150	1146cA±117	1241cB±111
		Toplam	10555dB±627	11152cC±437	9513cA±423	10407dB±349
	Kzd3	Yaprak	3351bA±375	3042bA±271	4365cC±312	3586cB±267
		Dal	1660bA±66	1984bB±85	1956bB±94	1867bB±73
		Tohum	1004bA±51	1146bA±29	1655cB±66	1268cA±33
		Diğer	1351dC±79	937bB±41	584bA±102	957bB±56
		Toplam	7366bBA±441	7110bA±344	8560bC±389	7678bB±279
Karasal ortam	Kzc3	Yaprak	3203bB±384	2797bA±275	2979bA±217	2993bAB±168
		Dal	1641baA±103	1536aA±132	1456aA±112	1544aA±97
		Tohum	978bA±55	1375cB±66	1567cC±78	1307cB±87
		Diğer	307aB±111	277aA±83	288aA±67	291aAB±67
		Toplam	8129cA±509	8007bA±328	8313bB±435	8157cA±345
	Kzd3	Yaprak	2675aB±299	2231aA±214	2345aA±245	2417aAB±187
		Dal	1590aA±77	1431aA±61	1894bB±69	1638aAB±83
		Tohum	697aA±31	1066bB±47	1133bB±55	965bB±55
		Diğer	871bB±78	811bA±36	978cC±29	887bBC±46
		Toplam	5833aB±399	5539aA±256	6350aC±379	5907aB±349

Sütunlardaki aynı küçük harfler, döküntü bileşenlerinin meşcere tipleri arasında fark bulunmadığını ($P>0,05$), yataydaki aynı büyük harfler ise döküm bileşenlerinin yıllar arasında fark bulunmadığını ($P>0,05$) göstermektedir.

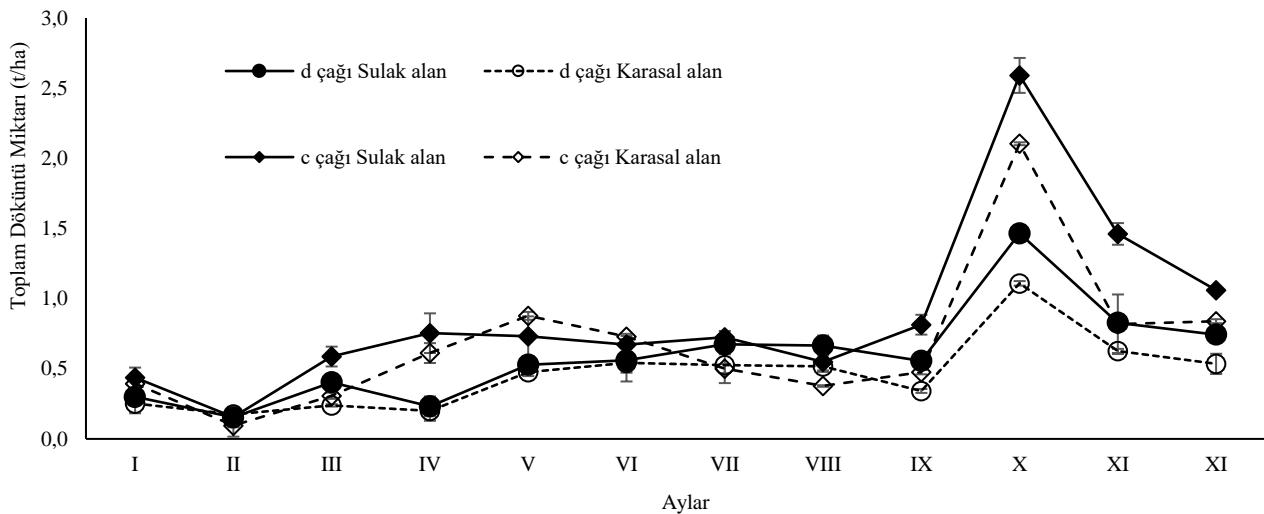
Çalışmada son 3 yıla ait toplam döküntü miktarının (yaprak, dal, tohum, kabuk ve diğer kısımlara) ortalaması sulak ortamda c çağı meşcereleri için 10407 kg/ha, d çağı meşcereleri için 7678 kg/ha iken, karasal ortamda bu değerler daha düşük olarak sırasıyla 8157 kg/ha ve 5907 kg/ha olarak belirlenmiştir. Meşcere gelişim çağları birlikte değerlendirildiğinde, sulak ortamda yetişen kızılgağaç meşcerelerinde ortalama yıllık döküm miktarı 9043 kg/ha iken, karasal ortamda bu değer 7032 kg/ha olarak hesaplanmıştır.

Yıllar arasında bir değerlendirme yapıldığında, yıllık döküntü miktarının yetiştirme ortamına (sulak ve karasal) ve meşcere gelişim çağına göre değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Örneğin, karasal ortamda en yüksek döküntü miktarı her iki gelişim çağı içinde 2023 yılında belirlenirken, sulak ortamda Kzc3 meşcerelerinde en yüksek döküm miktarı 2022 yılı, Kzd3 meşcerelerinde ise 2023 yılı olmuştur (Çizelge 2).

Toplam dökülme bileşenleri içinde yaprak döküntülerinin oranı sulak ortamdaki Kzc3 meşcerelerinde %45 olup, bunu %17 ile ince dal, %7 ile tohum ve %12 ile diğer döküntüler takip ederken, karasal ortamda aynı meşcere tipinde yaprakların oranı %37 olup, yaprakları %19 ile dal, %16 oranı ile tohum ve %4 ile diğer döküntüler takip etmiştir.

Sulak ortamdaki Kzd3 meşcerelerindeki yaprak döküntü oranı ise %47 olup, bunu %24 ince dal, %17 tohum ve %12 diğer döküntüler oluştururken, karasal ortamda aynı meşcere tipinde yaprakların oranı %41 olup, bunu %28 dal, %16 tohum ve %15 diğer döküntüler takip etmiştir. Döküntü bileşenleri birlikte değerlendirildiğinde, toplam döküntü miktarı şubat aylarında en düşük miktarı gösterirken, ekim ayı en yüksek değerlere ulaşmıştır (Şekil 2).

Genel olarak, hem sulak hem de karasal ortamda yıllık yaprak ve toplam döküntü miktarının c çağı meşcerelerinde d çağı meşcerelerine göre daha yüksek miktar gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Kızılgağaç toplam döküntü miktarının aylara göre değişimi

3.3. Döküntü makro ve mikro besin konsantrasyonu

Sulak ve karasal ortamda yetişen kızılgağaç c ve d gelişim çağındaki kızılgağaç meşcerelerindeki döküntü bileşenlerinin içerdiği karbon ve makro besin konsantrasyonu Çizelge 3, mikro besin konsantrasyonu ise Çizelge 4'te verilmiştir.

Genel olarak döküntü bileşenlerinin tümü birlikte değerlendirildiğinde, sulak ortamda yetişen kızılgağaç döküntüsünün makro besin konsantrasyonu karasal ortama göre daha düşük bulunmuştur (Çizelge 3). Döküntü karbon yoğunluğu ise iki ortam arasında önemli bir değişiklik göstermemiştir. Sulak ortamda, c gelişim çağı meşcerelerinin döküntüsünün ortalama N, Ca, Mg ve K konsantrasyonu, d gelişim çağına göre daha yüksek belirlenirken, karasal ortamda, c gelişim çağı meşcerelerinin döküntüsünün ortalama Ca, P ve S konsantrasyonu d gelişim çağına göre

daha yüksek belirlenmiştir (Çizelge 3). Bununla beraber, döküntü bileşenlerinin makro besin konsantrasyonlarının genel olarak c gelişim çağı meşcerelerinde daha yüksek olduğu görülmüştür (Çizelge 3).

Mikro besin elementlerinden Fe ve Mn haricindeki diğer mikro besin elementleri, makro besin elementlerine tezat, en yüksek konsantrasyonları çoğunlukla sulak ortamdaki döküntüde göstermiştir (Çizelge 4). Bununla beraber, sulak ortamda mikro besin elementleri konsantrasyonu (Na ve Cl hariç) genel olarak c gelişim çağı meşcerelerindeki döküntüde, d gelişim çağındaki meşcerelere göre daha yüksek konsantrasyon göstermiştir (Çizelge 4). Karasal ortamda ise tezat olarak, (Cu, Zn ve Ni hariç) d gelişim çağındaki meşcerelerde mikro besin konsantrasyonu daha yüksek olma eğilimindedir.

Çizelge 3. Sulak ve karasal ortamda, c ve d gelişim çağındaki kızılgağaç meşcerelerinin döküntü bileşenlerinin karbon ve makro besin konsantrasyonu (%)

Yetiştirme ortamı	Meşcere tipi	Döküntü bileşeni	C	N	Ca	Mg	P	K	S
Sulak ortam	Kzc3	Yaprak	45,4	2,105	3,163	0,6885	0,1180	0,2874	0,2362
		Dal	57,8	1,024	2,518	0,2065	0,2347	0,7463	0,2096
		Tohum	51,2	0,678	2,363	0,5038	0,4037	1,1880	0,5269
		Diğer	52,4	0,736	2,883	0,6975	0,2055	0,9723	0,4049
		Ortalama	51,7	1,136	2,732	0,5241	0,2405	0,7985	0,3444
	Kzd3	Yaprak	46,9	1,899	2,458	0,4326	0,4711	0,4015	0,6455
		Dal	58,4	1,124	2,247	0,2547	0,1647	0,5641	0,1973
		Tohum	51,8	0,547	2,133	0,4897	0,3468	0,7894	0,4311
		Diğer	52,7	0,815	2,648	0,5316	0,1687	0,8324	0,3544
		Ortalama	52,5	1,096	2,372	0,4272	0,2878	0,6469	0,4071
Karasal ortam	Kzc3	Yaprak	46,6	2,310	3,345	0,7869	0,5311	0,3654	0,5224
		Dal	53,2	1,242	3,015	0,3154	0,29781	0,9457	0,4125
		Tohum	52,1	0,945	3,594	0,6104	0,4302	1,5130	0,6702
		Diğer	52,9	1,102	2,938	0,5807	0,2094	1,2870	0,4279
		Ortalama	51,2	1,400	3,223	0,5734	0,3671	1,0278	0,5083
	Kzd3	Yaprak	48,5	2,150	3,268	0,9546	0,4239	0,8835	0,6425
		Dal	55,2	1,387	2,737	0,4215	0,2973	0,8760	0,3365
		Tohum	52,8	0,987	3,277	0,5477	0,4122	1,3442	0,5883
		Diğer	53,4	1,124	2,470	0,5377	0,1876	1,0773	0,3843
		Ortalama	52,5	1,412	2,938	0,6154	0,3303	1,0453	0,4879

Çizelge 4. Sulak ve karasal ortamda, c ve d gelişim çağındaki kızılgağaç meşcerelerinin döküntü bileşenlerinin mikro besin konsantrasyonu (ppm)

Yetiştirme ortamı	Meşcere tipi	Döküntü bileşeni	Fe	Mn	Na	Cu	Zn	Cl	Ni	Co
Sulak ortam	Kzc3	Yaprak	2790	205	3310	15,7	48,5	1273	17,1	11,4
		Dal	458	487	2100	21,5	98,5	367	13,7	10,6
		Tohum	1214	98	7896	34,0	34,0	2243	21,0	13,0
		Diğer	1076	142	11234	27,0	52,0	3217	32,0	8,9
		Ortalama	1385	233	6135	24,6	58,3	1775	21,0	11,0
	Kzd3	Yaprak	2310	110	8550	17,9	31,3	8220	9,4	9,4
		Dal	971	210	4680	19,8	41,6	532	7,1	5,6
		Tohum	654	78	10453	21,0	42,0	1622	11,0	7,0
		Diğer	1254	66	9876	17,0	23,0	1987	22,0	3,3
		Ortalama	1297	116	8390	18,9	34,5	3090	12,4	6,3
Karasal ortam	Kzc3	Yaprak	3130	260	2460	9,7	23,7	1206	7,5	10,9
		Dal	537	568	1210	14,5	25,4	265	2,2	2,0
		Tohum	2123	132	2456	23,0	45,0	987	25,0	10,4
		Diğer	1876	176	3217	32,0	55,0	1237	21,0	7,9
		Ortalama	1917	284	2336	19,8	37,3	924	13,9	7,8
	Kzd3	Yaprak	5380	458	2660	7,1	20,0	1245	4,6	7,8
		Dal	648	746	1550	12,5	48,8	355	2,6	13,3
		Tohum	1421	103	2345	17,0	33,0	1256	16,0	7,5
		Diğer	1973	155	2973	19,0	21,0	1533	18,0	5,2
		Ortalama	2356	366	2382	13,9	30,7	1097	10,3	8,5

3.4. Döküntü makro ve mikro besin stoku

Sulak ve karasal ortamda yetişen kızılgağaç c ve d gelişim çağındaki meşcerelerindeki döküntünün içerdiği makro besin stoku Çizelge 5, mikro besin stoku ise Çizelge 6'da verilmiştir.

Sulak ortamdaki kızılgağaç meşcerelerinin döküntü karbon ve makro besin stoku genel olarak karasal ortama göre daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 5). Her iki yetişme ortamında da c gelişim çağı meşcerelerindeki makro besin stoku

değerlerinin çoğunluğu d gelişim çağı meşcerelerine göre daha yüksek belirlenmiştir.

Sulak ortamdaki döküntü mikro besin elementi stoku (Fe ve Mn hariç) karasal ortamdakinden daha yüksek değer göstermiştir (Çizelge 6). Makro besin elementi stokunda olduğu gibi, her iki yetişme ortamında da c gelişim çağı meşcerelerindeki mikro besin stoku değerlerinin çoğunluğu d gelişim çağı meşcerelerine göre daha yüksek belirlenmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 5. Sulak ve karasal ortamda, c ve d gelişim çağındaki kızılgağaç meşcerelerinin döküntü karbon ve makro besin stoku (kg/ha)

Yetiştirme ortamı	Meşcere tipi	Döküntü bileşeni	C	N	Ca	Mg	P	K	S
Sulak ortam	Kzc3	Yaprak	2102d	97,5c	146,5c	31,9c	5,46a	13,3b	10,9a
		Dal	1006b	17,8a	43,8a	3,6a	4,08b	13,0b	3,65a
		Tohum	396a	5,2a	18,3a	3,9a	3,12a	9,18a	4,07a
		Diğer	650c	9,1b	35,8c	8,7c	2,55c	12,1c	5,03c
		Toplam	4154b	129,7c	244,3c	48,0c	15,2a	47,5b	23,7a
	Kzd3	Yaprak	1682c	68,1b	88,1a	15,5a	16,9c	14,4b	23,1c
		Dal	1090b	21,0b	41,9a	4,8b	3,07a	10,5a	3,68a
		Tohum	657c	6,9a	27,1b	6,2b	4,40a	10,0a	5,47b
		Diğer	505b	7,8b	25,4b	5,1b	1,62b	7,97b	3,39b
		Toplam	3933b	103,8b	182,5a	31,6a	26,0c	42,9a	35,7c
Karasal ortam	Kzc3	Yaprak	1395b	69,1b	100,1b	23,6b	15,9c	10,9a	15,6b
		Dal	822a	19,2ab	46,6b	4,9b	4,60b	14,6b	6,37b
		Tohum	681c	12,3b	47,0d	8,0a	5,62c	19,8c	8,76c
		Diğer	15a4	3,2a	8,5a	1,7a	0,61a	3,74a	1,24a
		Toplam	3051a	103,9b	202,2b	38,1b	26,7c	49,1b	32,0b
	Kzd3	Yaprak	1172a	52,0a	79,0a	23,1b	10,3b	21,4c	15,5b
		Dal	904a	22,7b	44,8ab	6,9c	4,87b	14,4b	5,51b
		Tohum	510b	9,5b	31,6c	5,3b	3,98a	13,0b	5,68b
		Diğer	473b	10,0b	21,9b	4,8b	1,66b	9,55b	3,41b
		Toplam	3060a	94,2a	177,4a	40,0b	20,8b	58,2c	30,1b

Sütünlardaki aynı küçük harfler, döküntü bileşenlerinin meşcere tipleri arasında fark bulunmadığını ($P>0,05$) göstermektedir.

Çizelge 6. Sulak ve karasal ortamda, c ve d gelişim çağındaki kızılgağaç meşcerelerinin döküntü mikro besin stoku (kg/ha)

Yetiştirme ortamı	Meşcere tipi	Döküntü bileşeni	Fe	Mn	Na	Cu	Zn	Cl	Ni	Co
Sulak ortam	Kzc3	Yaprak	8,27ab	0,608b	9,81b	0,047b	0,144c	3,77a	0,051d	0,034b
		Dal	0,80a	0,847b	3,65b	0,037b	0,171b	0,64a	0,024c	0,018b
		Tohum	1,75c	0,141b	11,4b	0,049c	0,049b	3,23c	0,030b	0,019b
		Diğer	2,41b	0,318d	25,2d	0,061c	0,117d	7,21c	0,072c	0,020c
		Toplam	13,2b	1,914b	50,0c	0,193c	0,481c	14,9b	0,176c	0,091c
	Kzd3	Yaprak	7,51a	0,358a	27,8c	0,058b	0,102b	26,7b	0,031c	0,031b
		Dal	1,81c	0,392a	8,74c	0,037b	0,078a	0,99b	0,013b	0,010a
		Tohum	0,83a	0,099a	13,3b	0,027b	0,053b	2,06b	0,014a	0,009a
		Diğer	1,62a	0,085a	12,7c	0,022a	0,030b	2,56b	0,028b	0,004a
		Toplam	11,8a	0,934a	62,6d	0,144b	0,262b	32,4c	0,086b	0,054b
Karasal ortam	Kzc3	Yaprak	9,37b	0,778b	7,36a	0,029a	0,071b	3,61a	0,022b	0,033b
		Dal	1,37b	1,445d	3,08ba	0,037b	0,065a	0,67a	0,006a	0,005a
		Tohum	2,77d	0,172b	3,21a	0,030b	0,059b	1,29a	0,033b	0,014b
		Diğer	2,42b	0,227c	4,15b	0,041b	0,071c	1,60a	0,027b	0,010b
		Toplam	15,9c	2,623c	17,8b	0,137b	0,265b	7,17a	0,088b	0,061a
	Kzd3	Yaprak	13,0c	1,107c	6,43a	0,017a	0,048a	3,01a	0,011a	0,019a
		Dal	1,06a	1,222c	2,54a	0,020a	0,080a	0,58a	0,004a	0,022b
		Tohum	1,37b	0,099a	2,26a	0,016a	0,032a	1,21a	0,015a	0,007a
		Diğer	1,75a	0,137b	2,64a	0,017a	0,019a	1,36a	0,016a	0,005a
		Toplam	17,2c	2,566c	13,9a	0,071a	0,179a	6,16a	0,047a	0,052a

Sütünlardaki aynı küçük harfler, döküntü bileşenlerinin meşcere tipleri arasında fark bulunmadığını ($P>0,05$) göstermektedir.

4. Tartışma

Bursa, Karacabey Subasar ormanlarında, iki farklı gelişim çağı (c ve d meşcereleri) ve iki farklı ortamdaki (sulak ve karasal) doğal kızılgaç (*Alnus glutinosa* L.) meşcerelerinin döküm miktarı ve döküm ile ekosisteme giren karbon, makro ve mikro besin elementleri konsantrasyonu ve stoklarını ortaya koymayı amaçlayan çalışma sonuçlarına göre, yıllık döküm miktarı sulak ortamda, karasal ortamdaki daha fazla gerçekleştiği belirlenmiştir. Hem sulak hem de karasal ortamda, yıllık döküm miktarı, c gelişim çağındaki meşcerelerde, d gelişim çağındaki meşcerelere göre daha fazladır.

Son üç yıllık ortalama sonuçlara göre, sulak ortamdaki Kzc3 meşcerelerindeki döküntü miktarı 10407 kg/ha/yıl, Kzd3 meşcereleri için 7678 kg/ha/yıl bulunurken, karasal ortamdaki Kzc3 ve Kzd3 çağı meşcereleri için bu değerler daha düşük olup sırasıyla 9043 ve 7032 kg/ha/yıl olarak tespit edilmiştir.

Aynı çalışma alanında, üç kapalı dişbudak c (Dşc3) ve d (Dşd3) meşcerelerinde gerçekleştirdiğimiz çalışmadaki sonuçlarla (henüz yayınlanmamış veri) karşılaştırdığımızda, kızılgaç meşcerelerindeki döküm miktarının dişbudak ile benzer özellikler gösterdiği, yani sulak ortamdaki ve c gelişim çağı meşcerelerindeki döküm miktarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bununla beraber, hem sulak hemde karasal ortamdaki kızılgaç meşcerelerindeki yıllık döküm miktarlarının, dişbudak meşcerelerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Sulak ortamdaki Dşc3 meşcerelerindeki döküntü miktarı (3 yıl ortalaması) 8837 kg/ha/yıl, Dşd3 meşcereleri için 6384 kg/ha/yıl bulunurken, karasal ortamdaki Dşc3 ve Dşd3 çağı meşcereleri için bu değerler sırasıyla 6793 ve 4737 kg/ha/yıl olarak tespit edilmiştir (henüz yayınlanmamış veri).

Sulak ortamlarda yetişen ağaçların döküntü miktarının karasal ortamlara göre daha yüksek olduğuna dair çalışmalar literatürde yer almaktadır. Örneğin, Shure ve Gottschalk (1985) sulak ortamdaki yıllık toplam döküm miktarının hektarda 5750– 7000 kg arasında değiştiğini, bu değerlerin Bray ve Gorham (1964) tarafından ılgan ormanlar için bildirilen yıllık ortalama değerden (5500 kg/ha) daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Toplam döküntü içindeki yaprak miktarı bakımından Shure ve Gottschalk (1985), Bray ve Gorham (1964) tarafından yapılan çalışmalar karşılaştırıldığında, sulak ortamda dökülen yıllık yaprak miktarının 4200 ile 5400 kg/ha arasında değiştiği, ılgan ormanlarda dökülen yıllık yaprak miktarı ise çok daha düşük miktarda olduğu (3600 kg/ha) anlaşılmaktadır.

Shure ve Gottschalk (1985) aynı çalışmasında dişbudakta (*Fraxinus pennsylvanica*) yıllık dökülen yaprak miktarını nehirden uzaklaştıkça önce arttığını sonrasında hızla azaldığını (nehir yakınında ortalama 1835 kg/ha, 30 m uzaklıkta 2890 kg/ha, 60 m uzaklıkta 1345 kg/ha ve yüksek alanda 200 kg/ha) belirlemiştir. Allüviyal yağmur ormanlarında meydana gelen mevsimsel sel ortamında, yıllık döküntü miktarının hektarda 4980 kg ile 10400 kg arasında değiştiği Camargo vd. (2015) tarafından rapor edilmiştir. Sel olayının yaşandığı mevsime bağlı olarak döküntü miktarının daha fazla olduğu çalışmada ifade edilmiştir.

Sulak alanda yapılan çalışma sonuçları ile karşılaştırdığımızda, hem kızılgaç hem de dişbudak için toplam döküntü miktarına ait bulgularımızın, Shure ve Gottschalk (1985) tarafından bildirilen döküntü değerleri (5750– 7000 kg/ha/yıl arasında) ile Camargo vd. (2015)

tarafından allüviyal yağmur ormanları için bildirilen döküntü değerleri (4980– 10400 kg/ha/yıl arasında) olduğu bulunmuştur.

Sulak alanlarda, su baskınlarının sıklığı ve süresi, bitkilerde fizyolojik bir fayda mı yoksa stres mi yarattığına bağlı olarak, ilksel üretimi (örneğin yaprak, sürgün, tohum, ince kök, çap) artırabildiği veya azaltabildiği rapor edilmiştir (Venterink vd., 2002; Torres vd., 2018). Geniş subasar ortamlarda ve delta alanlarındaki sulak alanların, yukarı havzalardan gelen ve besin elementlerince zengin olan sedimentlere sahip olduklarından, daha verimli oldukları (Fennessy vd., 2019) ve toprak katyon değişiminin ana su kaynağından etkilendiği bildirilmiştir (Infante-Mata vd., 2011). Bu nedenle, sulak alan ekosistemlerini karakterize etmek ve anlamak için toprağın kimyasal özelliklerinin daha detaylı olarak analiz edilmesi yanında, bu alanlardaki taşkın rejiminin ve yeraltı su kalitesinin izlenmesi gerekmektedir.

Karasal orman ekosistemlerinde, konu ile ilgili yapılan çalışmalarda, ağaç türünün, yetiştiği ortamın fizyografik, edafik ve iklim özelliklerinin döküntü miktarlarında önemli etkilerinin olduğu ifade edilmektedir. Bununla beraber, çalışmamızda olduğu gibi genel olarak sulak ortamlarda ağaçların döküntü miktarının karasal ortamdaki daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Örneğin, Avrupa'da ılgan kuşaktaki (35°– 55° N enlemleri) ibreli ve yapraklı ormanlarda yapılan araştırma sonuçlarına göre; yıllık yaprak dökümü ibreli ormanlarda ortalama 3470 kg/ha/yıl (41 meşceredeki ölçümler), yapraklı ormanlarda 4420 kg/ha/yıl (34 meşceredeki ölçümler) olarak bulunmuştur (Liu vd., 2004). Meksika'da farklı yapraklı türlerdeki dökümü 3 yıl boyunca araştıran Williams-Linera vd. (1996), ılgan ve tropikal ağaç türlerinin baskın olduğu orman ekosisteminde, yıllık toplam döküm miktarını 8450 kg/ha/yıl olarak tespit etmiştir. *Fagus sylvatica* (Avrupa kayını) için hektarda yıllık döküntü miktarını Dimitrova vd. (2023) Bulgaristan için 1683 ile 5373 kg arasında, Yunanistan için Kavvadias vd. (2001) 4000 kg ve İspanya için Regina ve Tarazona (2000) 4682 kg olarak bildirmiştir. Hansen vd. (2009) tarafından Danimarka'da yapılan bir çalışmada, kayın ve meşede yıllık döküntüyü sırasıyla 3186, 3334, kg/ha/yıl olarak tespit edilmiştir.

Türkiye'de konu ile ilgili son yıllara ait çalışmalar incelendiğinde, örneğin Kiracıoğlu vd. (2023), *Fagus orientalis* (doğu kayını) için meşcere geliştikçe döküntünün arttığını ve yıllık miktarın hektarda 3959 ile 5698 kg arasında değiştiğini bildirmiştir. Sargıncı vd. (2021) doğu kayınında tüm döküntü miktarını Düzce için hektarda 5190 kg olarak belirlemiştir.

Çalışmamızda kızılgaç meşcerelerinin toplam döküntü miktarına ait bulgularımız genel olarak Türkiye'de karasal ekosistemlerde geniş yapraklı türler için bildirilen yıllık ortalama değerler ile Avrupada ılgan kuşaktaki geniş ve iğne yapraklı ağaç türleri için bildirilen ortalama değerlerden daha fazla, Williams-Linera vd. (1996) tarafından ılgan ve tropikal ağaç türleri için bildirilen değerlere yakın ve daha fazla bulunmuştur.

Sulak ve karasal ortamda, kızılgaç meşcerelerindeki toplam döküntü miktarına yaprak miktarının katkısı genel olarak literatürde bildirilen değerlerden (%60-75 arasında) (Barnes vd., 1998) daha düşük bulunmuştur. Sulak ortamda yaprak katı oranı %46 iken karasal ortamda bu değer %39 olarak hesaplanmıştır. Williams-Linera vd. (1996), ılgan ve tropikal ağaç türleri için yaprak katkısını %70 olarak bildirirken, Camargo vd. (2015) mevsimsel sel olaylarının meydana geldiği ortamlarda yaprak katkısının %56 olduğunu

rapor etmiştir. Kiracioğlu vd. (2023) *Fagus orientalis* meşcereleri için, yaprak katkısı %73 olarak ifade ederken, Regina ve Tarazona (2000) *Fagus sylvatica* meşcereleri için bu değeri, yaprak için %62 olarak bulmuştur. Yaprak miktarının toplam döküntü içindeki oranının çalışmalar arasında farklılık göstermesi, diğer döküntü bileşenlerindeki farklılıklara da bağlanmıştır. Örneğin, *Fagus sylvatica* meşcerelerinde, bol tohum yılında, yaprak katkı oranı %47 iken, bu değer normal sezonda %80'e kadar çıkmaktadır (Jonczak, 2013).

Çalışmada, hem sulak hem de karasal ortamda, daha genç olan c gelişim çağı kızılâğaç meşcerelerindeki döküm miktarı daha yaşlı olan d gelişim çağı meşcerelerine göre daha yüksektir. Yani yaş ilerledikçe kızılâğaç meşcerelerinin döküm miktarında bir azalma meydana gelmektedir. Yaşa bağlı olarak döküm miktarındaki azalma tarafımızdan dişbudak meşcereleri için de tespit edilmiştir. Yaş ilerledikçe döküm miktarında azalma olduğunu ortaya koyan çalışmalar olduğu kadar artış olduğunu bildiren çalışmalar da bulunmaktadır. Örneğin, Kiracioğlu vd. (2023) *Fagus orientalis* için meşcere gelişim çağlarına (b çağı 44 yaşında, c çağı 67 yaşında ve d çağı 90 yaşında) göre yıllık döküntü miktarını hektarda sırasıyla 3959, 5183 ve 5696 kg olarak artış yönünde bildirirken, Çakır vd. (2019) karaçam için meşcere gelişim çağlarına (ab, b ve c) göre yıllık döküntü miktarını hektarda sırasıyla 4814, 3578 ve 3882 kg olarak azalma yönünde bulmuştur. Ryan vd. (1997) yaşı bağlı olarak ağaçlarda ve meşcerede meydana gelen fizyolojik değişiklikleri derlediği çalışmada, yaşa bağlı değişiklikleri; (1) meşcere gelişimi ile fotosentezde meydana gelen değişiklik (yaprak alanının ve fotosentez kapasitesinin azalması), (2) besin tedarikinde değişiklik, (3) solunumda değişiklik, (4) karbon dağılımında değişiklik ve (5) hidrolojik işleyişte değişiklik olarak detaylı bir şekilde açıklamıştır. Smith ve Long (2001), yapısal değişikliklerin, özellikle de kapalılığın ve buna bağlı olarak yaprakların kapalılık içindeki dizilimindeki değişikliklerin (güneş ve gölge yaprakları gibi), orman ekosistemindeki üretiminin yaşa bağlı azalmasından sorumlu olabileceğini ifade etmiştir. Sunulan çalışmamız, yaşa bağlı olarak döküm miktarının artma veya azalmasına olası etkileri araştırmaya yönelik planlanmadığı için, kızılâğaç meşcerelerindeki yaşa bağlı olarak döküm miktarındaki azalmanın temel nedenini elde edilen bulgularla açıklamak mümkün olmamıştır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, bu konunun detaylı olarak araştırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Çalışmada, meşcere gelişim çağları birlikte değerlendirildiğinde, sulak ortamda yetişen kızılâğaç meşcerelerinde yıllık döküm ile kazanılan hektardaki C miktarı 4044 kg, N 117 kg, Ca 213 kg, Mg 40 kg, P 21 kg, K 45 kg ve S 30 kg iken, karasal ortamda bu değer sırasıyla 3055, 99, 190, 39, 24, 54 ve 31 kg olarak hesaplanmıştır. Aynı alandaki dişbudak için bu değerler, sulak ortamda sırasıyla 3742, 99, 218, 44, 18, 75 ve 38 kg iken, karasal ortamda sırasıyla 2857, 83, 184, 33, 13, 58 ve 28 kg olarak tespit edilmiştir.

Kiracioğlu vd. (2023) tarafından doğu kayını ormanlarında gerçekleştirilen çalışmada, toplam dökülme ile ölü örtüye giren C stoğunun gelişim çağları birlikte değerlendirildiğinde ortalama 2483 kg (b çağında 1988 kg, c çağında 2606 kg, d çağında 2857 kg) olarak bildirilmiştir. Çakır ve Akburak (2017) *Fagus orientalis* meşcereleri için döküntü ile kazanılan yıllık karbon miktarını hektarda ortalama 2189 kg olduğunu bildirmiştir. Jonczak (2013)

Fagus sylvatica meşcereleri için bu değer yılara göre hektarda 1322 ile 2611 kg arasında değişiklik gösterdiğini rapor etmiştir. Dimitrova ve Damyanova (2023), *Fagus sylvatica* meşcereleri için döküntü ile kayın ekosistemine giren karbon miktarını daha düşük olarak (764,6 ile 1274,4 kg/ha arasında) bildirmiştir. Kim vd. (2009) Güney Kore'de kızılâğaç ağaçlandırmalarında yaptıkları bir araştırmada ölü örtü dökülmesiyle toprağa yılda yaklaşık 2700 kg ha⁻¹ C girişi olduğunu hesaplamışlardır. Çakır vd. (2019) karaçam için döküntü ile yıllık kazanılan karbon ve azot miktarını ortalama olarak sırasıyla 1700 ve 59.1 kg/ha olarak bildirmiştir. Irmak ve Çepel (1968) yıllık döküm ile ölü örtüye katılan döküntü azot miktarını 26,5 kg/ha olarak bildirmiştir.

Verilen örneklerden anlaşılacağı üzere, döküm ile ekosisteme giren besin stoku ağaç türü, meşcere gelişim çağları, çalışmanın gerçekleştiği ortamın iklim ve toprak özelliklerine göre önemli değişiklikler göstermektedir. Bununla beraber, çoğu çalışma sonuçlarında genel olarak ortak sonuç, yıllık yağış miktarının fazla olduğu ortam şartlarında, döküntü ile orman ekosistemine giren karbon ve besin stokunun daha yüksek olma eğiliminde olduğudur. Örneğin, Park vd. (2020) Kore'de yıllık yağışın 1299 mm ile 1883 mm arasında değiştiği farklı alanlardaki yapraklı ve herdem yeşil ağaç türlerinden oluşan meşcerede döküm ile ekosisteme kazandırılan miktarları C için 4000 ile 6000, N için 70 ile 140, P için 4 ile 10, K için 7 ile 14, Ca için 35 ile 90 ve Mg için 12 ile 28 kg/ha/yıl arasında değişiklik gösterdiğini bildirmiştir.

Çalışmamızda, makro besin stokunda olduğu gibi, mikro besin stoklarında (Fe ve Mn hariç) yine sulak ortamdaki döküntüde daha yüksek bulunmuştur. Çalışmada, meşcere gelişim çağları birlikte değerlendirildiğinde, sulak ortamda yetişen kızılâğaç meşcerelerinde yıllık döküm ile kazanılan hektardaki Fe miktarı 12,5 kg, Mn 1,42 kg, Na 56,3 kg, Cu 0,169 kg, Zn 0,37 kg, Cl 23,7 kg, Ni 0,131 kg ve Co 0,073 kg iken, karasal ortamda bu değer sırasıyla 16,6 kg, 2,59 kg, 15,9 kg, 0,104 kg, 0,22 kg, 6,7 kg, 0,068 kg ve 0,057 kg olarak hesaplanmıştır. Bilgimiz dahilinde, şu ana kadar yaptığımız literatür taramalarında, konu ile ilgili sulak ortamların ulusal ve uluslararası çalışmaya rastlanmadığından, bulgularımızı karşılaştırma yapma imkanı bulunamamıştır. Aynı alandaki dişbudak için bu değerler, sulak ortamda sırasıyla 20,0 kg, 1,05 kg, 105,4 kg, 0,481 kg, 0,70 kg, 29,4 kg, 0,297 kg ve 0,080 iken karasal ortamda sırasıyla 18,4 kg, 0,98 kg, 20,8 kg, 0,095 kg, 0,23 kg, 17,3 kg, 0,107 kg ve 0,043 kg olarak belirlenmiştir (henüz yayınlanmamış veri).

5. Sonuç

Sonuç olarak, ılıman kuşakta yer alan Bursa, Karacabey Subasar ormanlarında gerçekleştirilen çalışmada, döküntü miktarında ve bu yolla ekosisteme kazandırılan karbon ve besin maddesi miktarlarına yönelik çalışma sonuçlarına göre, literatürde bildirilen ağaç türü, iklim ve toprak faktörlerine ek olarak, sulak ortamların ağaçların döküntü miktarını önemli derecede etkilediği (çalışmamızda arttırdığı), makro ve mikro besin elementi konsantrasyonlarını değiştirdiği ve bu durumun ekosisteme giren karbon ve makro ve mikro besin elementi miktarını ve stokunu önemli derecede etkilediği sonucuna varılmıştır. Bu çalışma Türkiye'den ilk defa konusunda subasar orman ekosisteminde yetişen kızılâğaç için veri sağlayan bir çalışma olması bakımından önem kazanmaktadır.

Açıklama

Bu çalışma, TÜBİTAK 1001 projesi kapsamında (Proje No 1210702) desteklenmiştir.

Kaynaklar

- 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, 4th International GeoAdvances Workshop, 14-15 October, Safranbolu, Karabük, Turkey, pp. 31-35.
- Anderson, J.M., Ingram, J.S.I., 1993. Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook for Methods (2nd edition). Wallingford, Oxfordshire: CAB International.
- Aygün, D., 2021. Arazi kullanım değişikliğinin Bursa, Karacabey Longoz ormanlarının toprak organik karbon ve toplam azot stok oranlarına etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Barlow, J., Gardner, T.A., Ferreira, L.V., Peres, C.A., 2007. Litterfall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 247: 91-97. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.04.017>
- Barnes, B.V., Zak, D.R., Denton, S.R., Spurr, S.H., 1998. *Forest Ecology*. 4th ed. John Wiley and Sons, New York.
- Bray, J.R., Gorham, E., 1964. Litter production in forests of the world. *Advances in Ecological Research*, 2: 101-157.
- Camargo, M., Giarrizzo, T., Jesus, A., 2015. Effect of seasonal flooding cycle on litterfall production in alluvialrainforest on the middle Xingu River (Amazon basin, Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, 75: 250-256. doi: 10.1590/1519-6984.00514BM
- Celentano, D., Zahawi, R.A., Finegan, B., Ostertag, R., Cole, R.J., Holl, K.D., 2011. Litterfall dynamics under different tropical forest restoration strategies in Costa Rica. *Biotropica*, 43: 279-287. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2010.00688.x>
- Çakır, M., Akburak, S., 2017. Litterfall and nutrients return to soil in pure and mixed stands of oak and beech. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 67(2): 178-193. <http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.301602>
- Çakır, M., Akburak, S., Sargıncı, M., 2019. Çankırı bölgesi karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) meşcerelerinde ölü örtü ayrışması ile mikroeklembacaklılar ve mikrobiyal aktivitenin zamansal değişimi ve toprağa verilen besin maddeleri. TÜBİTAK Proje Sonuç Raporu, Proje Numarası, 2150572, Ankara.
- Dawoe, E.K., Isaac, M.E., Quashie-Sam, J., 2010. Litterfall and litter nutrient dynamics under cocoa ecosystems in lowland humid Ghana. *Plant and Soil*, 330: 55-64. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0173-0>
- Demessie, A., Singh, B.R., Lal, R., Strand, L.T., 2012. Leaf litterfall and litter decomposition under Eucalyptus and coniferous plantations in Gambo District, southern Ethiopia. *Acta Agricultura Scandinavica, Section B- Soil and Plant Science*, 62: 467-476. <https://doi.org/10.1080/09064710.2011.645497>
- Dimitrova, V., Damyanova, S., 2023. Chemical composition of litterfall in beech (*Fagus sylvatica* L.) forests. *Wseas Transactions on Environment and Development*, 19: 412-417. <https://doi.org/10.37394/232015.2023.19.38>
- Dimitrova, V., Dimitrov, D., Malchev, D., 2023. Litterfall in beech forest (*Fagus sylvatica* L.). V. International Halich Congress on Multidisciplinary Scientific Research, 15-16 January, Istanbul, Türkiye, pp. 702-706.
- Fennessy, M.S., Ibáñez, C., Calvo-Cubero, J., Sharpe, P., Rovira, A., Callaway, J., Caiola, N., 2019. Environmental controls on carbon sequestration, sediment accretion, and elevation change in the Ebro River Delta: Implications for wetland restoration. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 222: 32-42.
- Flower-Ellis, J.G.K., Olsson, L., 1978. Litterfall in an age series of scots pine stands and its variation by components during the years 1973-1976. Swedish Coniferous Project, Technic Report, 15: 1-62.
- Gautam, T.P., Mandal, T.N., 2018. Storage and flux of nutrients in disturbed and undisturbed tropical moist forest of Eastern Nepal. *International Journal of Forerstry Research*, 2018: 1-12. <https://doi.org/10.1155/2018/8516321>
- Giweta, M., 2020. Role of litter production and its decomposition, and factors affecting the processes in a tropical forest ecosystem: A review. *Journal of Ecology and Environment*, 44(11). <https://doi.org/10.1186/s41610-020-0151-2>
- Gonzalez, E., 2012. Seasonal patterns of litterfall in the floodplain forest of a large Mediterranean river. *Limnetica*, 31(1): 173-186. DOI: 10.23818/limn.31.16.
- Hansen, K., Vesterdal, L., Schmidt, I.K., Gundersen, P., Sevel, L., Bastrup-Birk, A., Pedersen, L.B., Bille-Hansen, J., 2009. Litterfall and nutrient return in five tree species in a common garden experiment. *Forest Ecology and Management*, 257: 2133-2144.
- Hu, S., Niu, Z., Chen, Y., Li, L., Zhang, H., 2017. Global wetlands: Potential distribution, wetland loss, and status. *Science of Total Environment*, 586: 319-327. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.02.001. Epub 2017 Feb 9. PMID: 28190574.
- Infante-Mata, D., Moreno-Casasola, P., MaderoVega, C., Castillo-Campos, G., Warner, B.G., 2011. Floristic composition and soil characteristics of tropical freshwater forested wetlands of Veracruz on the coastal plain of the Gulf of Mexico. *Forest Ecology and Management*, 262: 1514-1531.
- Irmak, A., Çepel, N., 1968. Belgrad Ormanı'nda seçilen birer kayın, meşe, karaçam meşceresinde yıllık yaprak dökümünün miktarı ve bu yolla toprağa verilen besin maddelerinin tespiti üzerine araştırmalar. *Istanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A18(2): 53-76
- Jonczak, J., 2013. Dynamics, structure and properties of plant litterfall in a 120-year old beech stand in Middle Pomerania between 2007-2010. *Soil Science Annual*, 64(1): 8-13.
- Kavvadias, V.A., Alifragisa, D., Tsiontsisb, A., Brofasc, G., Stamatelod, G., 2001. Litterfall, litter accumulation and litter decomposition rates in four forest ecosystems in northern Greece. *Forest Ecology and Management*, 144: 113-127. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00365-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00365-0)
- Kim, C., Jeong, J., Cho, H.S., Son, Y., 2010. Carbon and nitrogen status of litterfall, litter decomposition and soil in even-aged larch, red pine, and rigitaeda pine plantations. *Journal of Plant Reserach*, 123: 403-409. <https://doi.org/10.1007/s10265-010-0317-6>
- Kim, Y.S., Yi, M.J., Lee, Y.Y., Kobayashi, M., Son, Y., 2009. Estimation of carbon storage, carbon inputs, and soil CO₂ efflux of alder plantations on granite soil in central Korea: comparison with japanese larch plantation, *Landscape and Ecological Engineering*, 5: 157-166.
- Kiracıoğlu, Ö., Güner, Ş.T., Karataş, R., 2023. Marmara Bölgesi'ndeki doğu kayını ormanlarında gelişim çağlarına göre dökülme miktarının ve bu yolla ölü örtüye giren karbon stokunun belirlenmesi. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 24(3): 213-222. DOI: 10.18182/tjf.1318425
- Koray, E.Ş., Tolunay, D., 2020. Türkmen Dağı karaçam meşcerelerinde döküm ile ekosisteme giren besin maddesi miktarları. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 21(3): 201-214.
- Lake, P.S., 1995. Of floods and droughts: River and stream ecosystems of Australia. In: *River and Stream Ecosystems. Ecosystems of the World*, (Ed: Cushing, C.E., Cummins K. W., Minshall, G.W.), Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 659-694.

- Lausch, A., Baade, J., Bannehr, L., Borg, E., Bumberger, J., Chabrilat, S., Dietrich, P., Gerighausen, H., Glässer, C., Hacker, J.M., Haase, D., Jagdhuber, T., Jany, S., Jung, A., Karnieli, A., Kraemer, R., Makki, M., Mielke, C., Möller, M., Mollenhauer, H., Montzka, C., Pause, M., Rogass, C., Rozenstein, O., Schmullius, C., Schrodt, F., Schrön, M., Schulz, K., Schütze, C., Schweitzer, C., Selsam, P., Skidmore, A.K., Spengler, D., Thiel, C., Truckenbrodt, S.C., Vohland, M., Wagner, R., Weber, U., Werban, U., Wollschläger, U., Zacharias, S., Schaepman, M.E., 2019. Linking Remote Sensing and Geodiversity and Their Traits Relevant to Biodiversity—Part I: Soil Characteristics. *Remote Sensing*, 11(20): 2356. <https://doi.org/10.3390/rs11202356>
- Lindsay, E.A., French, K., 2005. Litterfall and nitrogen cycling following invasion by *Chrysanthemoides monilifera* ssp. *rotundata* in coastal Australia. *Journal of Applied Ecology*, 42: 556-566. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01036.x>
- Liu, C., Westman, C.J., Berg, B., Kutsch, W., Wang, G.Z., Man, R., Ilvesniemi, H., 2004. Variation in litter climate relationships between coniferous and broadleaf forests in Eurasia. *Global Ecology and Biogeography*, 13: 105-114.
- Makineci, E. 1999. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi araştırma ormanındaki baltalıkların koruya dönüştürülmesi işlemlerinin ölü örtü ve toprakta değişime etkileri. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Matthews, E., Fung, I., 1987. Methane emissions from natural wetlands: Global distribution, area, and environmental characteristics of sources. *Global Biogeochemical Cycles*, 1: 61-86, doi:10.1029/GB001i001p00061.
- Meentemeyer, V., Box, E.O. Thompson, R., 1982. World patterns and amounts of terrestrial plant litter production. *BioScience*, 32: 125-128.
- Muzika, R.M., Gladden, J.B., Haddock, J.D., 1987. Structural and functional aspects of succession in Southeastern floodplain forests following a major disturbance. *The American Midland Naturalist*, 117: 1-9.
- Nordén, U., 1994. Leaf litterfall concentrations and fluxes of elements in deciduous tree species. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 9: 9-16. <https://doi.org/10.1080/02827589409382807>
- Oziegbe, M.B., Muoghalu, J.I., Oke, S.O., 2011. Litterfall, precipitation and nutrient fluxes in a secondary lowland rain forest in Ile-Ife, Nigeria. *Acta Botanica Brasilica*, 25: 664-671. <https://doi.org/10.1590/s0102-33062011000300020>
- Park, B.B., Rahman, A., Han, S.H., Youn, W.B., Hyun, H.J., Hernandez, J., An, J.Y., 2020. Carbon and nutrient inputs by litterfall in evergreen and deciduous forests in Korea. *Forests*, 11(2), 143. <https://doi.org/10.3390/f11020143>
- Pitman R., Bastrup-Birk A., Breda N., Rautio P., 2010. Part XIII: Sampling and Analysis of Litterfall. In: UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ed.): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute for Forests Ecosystems, Eberswalde, Germany, 14 p. + Annex <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>
- Regina, I.S., Tarazona, T., 2000. Nutrient return to the soil through litterfall and throughfall under beech and pine stands of sierra de la Demanda, Spain. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 14(3): 239-252. <http://dx.doi.org/10.1080/089030600406653>
- Rogers, H.M., 2002. Litterfall, decomposition and nutrient release in a lowland tropical rain forest, Morobe Province, Papua New Guinea. *Journal of Tropical Ecology*, 18: 449-456. <https://doi.org/10.1017/S0266467402002304>
- Rood, S.B., Patino, S., Coombs, K., Tyree, M.T., 2000. Branch sacrifice: cavitation-associated drought adaptation of riparian cottonwoods. *Trees*, 14: 248-257.
- Ryan, M.G., Binkley, D., Fownes, J.H., 1997. Age-related decline in forest productivity: Pattern and process. *Advances in Ecological Research*, 27: 213-261.
- Sargıncı, M., Yıldız, O., Tolunay, D., Toprak, B., Temür, Ş., 2021. Leaf litter dynamics in Western Black Sea mountainous forest ecosystems. *Canadian Journal of Forest Research*, 51(12): 1821-1832. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0489>
- Sayer, E.J., Tanner, E.V.J., 2010. Experimental investigation of the importance of litterfall in lowland semi-evergreen tropical forest nutrient cycling. *Journal of Ecology*, 98: 1052-1062. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01680.x>
- Shure, D.J., Gottschalk, M.R., 1985. Litterfall patterns in a floodplain forest. *The American Midland Naturalist Journal*, 114: 98-111.
- Smith, F.K., Long, J.N., 2001. Age-related decline in forest growth: an emergent property. *Forest Ecology and Management*, 144: 175-181.
- Tabacchi, E., Planty-Tabacchi, A.M., 2003. Recent changes in riparian vegetation: Possible consequences on dead wood processing along rivers. *River Research and Applications*, 19: 251-263.
- Tam, N.F.Y., Wong, Y.S., Lan, C.Y., Wang, L.N., 1998. Litter production and decomposition in a subtropical mangrove swamp receiving wastewater. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 226: 1-18. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(97\)00233-5](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(97)00233-5)
- Tesfay, F., Kibret, K., Gebrekirstos, A., Hadgu, K.M., 2020. Litterfall production and associated carbon and nitrogen flux along exclosure chronosequence at Kewet district, central lowland of Ethiopia. *Environmental Systems Research*, 9, 11. <https://doi.org/10.1186/s40068-020-00172-7>
- Tonin, A.M., Gonçalves, J.F., Bambi, P., Couceiro, S.R.M., Feitoza, L.A.M., Fontana, L.E., Hamada, N., Hepp, L.U., Lezan-Kowalczyk, V.G., Leite, G.F.M., Lemes-Silva, A.L., Lisboa, L.K., Loureiro, R.C., Martins, R.T., Medeiros, A.O., Morais, P.B., Moretto, Y., Oliveria, P.C.A., Pereira, E.B., Ferreira, L.P., Pérez, J., Petrucio, M.M., Reis, D.F., Rezende, R.S., Roque, N., Santos, L.E.P., Siegloch, A.E., Tonello, G., Boyero, L., 2017. Plant litter dynamics in the forest-stream interface: precipitation is a major control across tropical biomes. *Scientific Reports*, 7:1-14. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-10576-8>
- Torres, J.R., Barba, E., Choix, F.J., 2018. Mangrove productivity and phenology in relation to hydroperiod and physical-chemistry properties of water and sediment in Biosphere Reserve, Centla wetland, Mexico. *Tropical Conservation Science*, 11, 1-14.
- Xia, S., Song, Z., Van Zwieten, L., Guo, L., Yu, C., Wang, W., Li, Q., Hartley, I.P., Yang, Y., Liu, H., Wang, Y., Ran, X., Liu, C., Wang, H., 2022. Storage, patterns and influencing factors for soil organic carbon in coastal wetlands of China. *Global Change Biology*, 28, 6065-6085. DOI: 10.1111/gcb.16325
- Venterink, H.O., Davidsson, T.E., Kiehl, K., Leonardson, L., 2002. Impact of drying and rewetting on N, P and K dynamics in a wetland soil. *Plant and Soil*, 243(1), 119-130.
- Williams-Linera, G., Tolome, J., 1996. Litterfall, temperate and Tropical dominant trees, and climate in a Mexican lower montane forest. *Biotropica*, 28: 649-656 DOI 10.2307/2389051.