

Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanında Humus Formlarının Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi

Meriç Çakır¹, Figen Çakır², Halil İbrahim Yalçın³

¹ Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, Çankırı, Türkiye

² Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Silvikültür Anabilim Dalı, Çankırı, Türkiye

³ Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Çankırı, Türkiye

Araştırma Makalesi

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 12 Aralık 2020

Kabul Tarihi : 19 Aralık 2020

*Sorumlu yazar:

figencakir@karatekin.edu.tr

ÖZ

Humus, uzun yıllardır kullanılmakta olan bir terimdir ve 18. yüzyılda önemi anlaşılacak humus ekolojisi hakkında bilimsel çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Son yıllarda Avrupa sınıflandırma yöntemi geliştirilmiş ve mull, moder, mor, amphi ve tangel olmak üzere beş farklı takım tanımlanmıştır. Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanında yürütülen çalışma dört alanda gerçekleştirilmiş olup bir sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve farklı gelişim çağlarındaki üç karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) meşceresinde humus formları teşhis edilmiştir. Belirlenen örnek alanlarda 25 cm × 25 cm ölçülerindeki çerçeveler içerisinde alınan ölüörtü örneklerinde OL, OF ve OH ve A horizonları ayrıntılı incelenmiştir. Ölüörtü horizonları morfolojik incelenirken toprak faunasının varlığı dikkatlice belirlenmiş ayrıca A horizonunun pH değeri dikkate alınarak humus formu ortaya konulmuştur. Sonuç olarak ölüörtünün ayrıntılı morfolojik ve biyolojik incelenmesi ile sarıçam meşceresinde Eumacroamphi humus formu olduğu belirlenirken farklı gelişim çağlarındaki karaçam (Çkb, Çkc ve Çkd) meşcerelerinde sırası ile Leptoamphi, Eumesoamphi ve Eumacroamphi humus tipleri olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Humus formu, orman toprağı, meşcere gelişimi, ölüörtü, toprak faunası.

Determination and Evaluation of Humus Forms in Çankırı Karatekin University, Faculty of Forestry Research and Application Forest

ABSTRACT

Humus is a term that has been used for many years, and in the 18th century, scientific studies on humus ecology began with its importance understood. In recent years, the European classification method has been developed and five different sets have been defined as mull, modern, purple, amphi, and tangel. The study conducted in Çankırı Karatekin University Faculty of Forestry Research and Application Forest was carried out in four areas, and humus forms were identified in one scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) and three black pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) stands in different developmental stages. OL, OF and OH, and A horizons were examined in detail in the litter samples taken in frames of 25 cm × 25 cm in the determined sample areas. While the morphological examination of the litter horizons, the presence of soil fauna was carefully determined and the humus form was identified by taking into account the pH value of the A horizon. As a result, by detailed morphological and biological examination of the litter, it was determined that there is Eumacroamphi humus form in the scotch pine stand, while it was determined that there are Leptoamphi, Eumesoamphi and Eumacroamphi humus types in black pine stands in different developmental stages, respectively.

Key Words: Humus form, forest soil, stands development, litter, soil fauna.

Bu makaleye atf:

Çakır, M., Çakır, F., Yalçın, H.İ., 2020. Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanında Humus Formlarının Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 6(2): 82-90.



This work is licensed under CC BY-NC 4.0

1. Giriş

İnsan yaşamı için temel olan toprak, binlerce yıldır etkilerini birçok dilde göstermiştir. Sami dinlerdeki ilk insan olan Âdem ismi İbranicede toprak anlamına gelen *adama*'dan gelmektedir. Benzer olarak insan (human) kelimesi, Latince topraktaki organik madde anlamındaki *humus* dan gelmektedir (Hillel, 1991). Uzun yıllar kullanılan *humus* kelimesi, ilk olarak 18. yüzyılda Avrupa'da terim olarak bilimsel söz dağarcığına Diderot ve d'Alembert'in Ansiklopedisi (1765) ile katılmıştır (Coleman ve ark., 2004). *Humus* ile ilgili en önemli bilimsel çalışmalar, Darwin'in toprak solucanlarının bitkisel *humus* oluşumuna olan etkilerini araştırması ile başlamıştır (Darwin, 1881). Aynı on yıl içerisinde doğal *humus* formlarının bitki ve toprak üzerine etkileri Müller tarafından detaylı bir şekilde çalışılmıştır (Müller, 1887; Müller, 1889). Müller günümüzde de kullanılan üç *humus* türünü Mull, Mor ve Mullartiger Torf (Moder'e eşdeğer) terimlerini kullanarak tanımlamıştır. Bu sınıflandırma ve tanımlama Türkçeye çevrilirken Mull için Mul, Moder için Çürüntülü Mul ve Mor için Ham *humus* karşılıkları kullanılmıştır (Irmak, 1946, 1970). Müller'den sonra Amerika'da *humus* kimyasal yapısı ve doğadaki önemi üzerine çalışmalar yapılmıştır (Waksman, 1936). Takip eden yıllarda *humus* tabakalarının sistematik terminolojisi ve *humus*un genetik sınıflandırması öne çıkmıştır (Wilde, 1966, 1971). Günümüzde ise ölü örtünün ayrışması ve *humuslaşma* süreçlerinin anlaşılmasına yönelinmiştir (Berg ve McClaugherty, 2014).

Son yıllarda birçok araştırmacı, üst topraktaki canlıların faaliyetlerine dayanan farklı *humus* formu sınıflandırmasının geliştirilmesine katkıda bulunmuştur (Green ve ark., 1993; Klinka ve ark., 1997; Ponge ve ark., 2010; Zanella ve ark., 2011b). Tüm farklı sınıflandırma sistemleri arasında, Kanada (Green ve ark., 1993) ve Avrupa (Zanella ve ark., 2011a) sınıflandırma yöntemleri olarak adlandırılan metotlar, son on yılda çeşitli araştırmalarda yaygın olarak kullanılmıştır (Çakır ve Makineci, 2013; Labaz ve ark., 2014; Çakır ve Makineci, 2018; Salmon, 2018; Ferré ve Comolli, 2020). Her iki sınıflandırma da bazı tanımlayıcı horizonların kullanımına dayanır, ancak Kanada sınıflandırması *humus* formunu üç farklı takım (mull, moder ve mor) ile tanımlarken (Green ve ark., 1993), Avrupa sınıflandırması beş farklı takım (mull, moder, mor, amphî ve tangel) tanımlar ve daha detaylı alt kategorilere ayırır (Zanella ve ark., 2018a; Zanella ve ark., 2018b).

Toprak ana materyali, bitki örtüsü ve iklim, *humus* formlarının oluşumunu etkileyen başlıca

faktörlerdir (Ponge ve ark., 2011). Benzer anamateryal ve iklim şartları altında farklı bitki örtüsü veya farklı meşcere gelişim çağları farklı *humus* formlarının oluşumunu etkileyebilmektedir (Bayranvand ve ark., 2017). *Humus* formunun oluşumu, büyük ölçüde hem canlı (ağaç türü bileşimi, toprak organizmaları, orman yönetimi) hem de cansız etkenlerin (eğim, yükselti, iklim, ana kaya, toprak) bileşimi olmasının yanı sıra çevresel şartların da önemli bir göstergesidir (Labaz ve ark., 2014). Toprak içerisinde meydana gelen süreçler binyıllar ile ifade edilirken, ölü örtüde meydana gelen değişiklikler on yıllar ile ifade edilmekte olduğundan gösterge olarak da kullanılabilir (Jabiol ve ark., 2013). Meşcerelerin yaşam döngüsü ve gelişim çağları arasındaki ilişki meşcere sıklığına ve yaprak yüzey endeksine bağlı olarak ölü örtü miktarını ve kalitesini etkilerken, meydana gelen *humus* formu toprak canlı çeşitliliğinin ve ekosistemdeki besin döngüsünün göstergesidir (Ponge ve Chevalier, 2006). Ayrıca yakın zamanda, *humus* formlarının toprak organik karbon depolanmasının da bir göstergesi olduğu belirtilmiştir (Andreetta ve ark., 2011; De Vos ve ark., 2015).

Türkiye'de *humus* formları ile ilgili çalışmalar geçmiş yıllarda yapılmaya başlanmış ve önemi vurgulanmıştır (Irmak ve Çepel, 1974; Irmak, 1977; Miltner ve ark., 1996; Çakır ve Makineci, 2013). Fakat günümüzde asli ağaç türlerimiz altında gelişen *humus* formları hakkında yeterli çalışma bulunmamaktadır. *Humus* formunun belirlenmesi, ekosistemdeki besin döngüsü ve toprak biyoçeşitliliği hakkında önemli bilgiler vermektedir (Klinka ve ark., 1990; Mori ve ark., 2009; Bernier, 2018). Bu çalışmanın ile Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanında gelişen bazı *humus* formlarının ortaya konulması amaçlanmıştır. Böylece Türkiye koşullarında *humus* formlarının gelişiminin anlaşılmasına katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma Çankırı şehir merkezine 30 km uzaklıkta Eldivan ilçesinde bulunan Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanında (AUO) yürütülmüştür. Araştırma ve Uygulama Ormanı 40°30'33" K ve 33°26'20" B koordinatları arasında yer almakta olup 367 ha alanı kapsamaktadır. Hakim ağaç türleri karaçam (*Pinus nigra subsp. pallasiana* (Lamb.)

Holmboe), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve meşe türleri (*Quercus infectoria* G. Olivier. ve *Quercus robur* L.) dir. Yükseltisi 1200-1600 m arasında olan araştırma ormanı yarı kurak, yıllık ortalama yağışı 486 mm ve yıllık ortalama sıcaklığı 10,5 °C (en yüksek sıcaklık 37,0 °C ile ağustos ayında, en düşük sıcaklık -17,3 °C ile şubat ayında) dir (Abay ve Ursavaş, 2009). Ana materyal, ağırlıklı olarak Miyosen-Pliyosen kökenli serpantin, spilit, radyolarit ve diyabaz'dır (Çakır ve ark., 2020). Topraklar iyi drenaja sahip, sıg, hafif asidik, orta miktarda kalsiyum karbonat ve toprak türü kildir (Çakır, 2019).

2.2. Meşcere Değişkenlerinin Belirlenmesi

Araştırma ve Uygulama Ormanında bulunan karaçam ve sarıçam meşcereleri çalışma alanları olarak seçilmiştir. Karaçam meşcereleri gelişim çağlarına göre, direklik çağı ($d_{1,30}= 8-19,9$ cm) "Çkb", ince ağaçlık çağı ($d_{1,30}= 20-35,9$ cm) "Çkc" ve orta ağaçlık çağı ($d_{1,30}= 36-51,9$ cm) "Çkd" gelişim çağlarında bulunurken, sarıçam meşceresi orta ağaçlık çağı ($d_{1,30}= 20-35,9$ cm) "Çsc" gelişim çağında bulunmaktadır. Belirlenen karaçam ve sarıçam meşcerelerinde 500m² alan içerisinde bulunan bütün ağaçların yaşları, çapları ve boyları ölçülmüştür. Daha sonra örnek alan içerisine giren bütün ağaçların sayısı ile hektardaki ağaç sayısı ve ağaçların çap sınıflarına göre dağılımı belirlenmiştir. Meşcere kapalılığını belirlemek için balıkgözü lens ve HEMIV9 donanımına sahip yüksek çözünürlüklü dijital SLR kamera kullanılmıştır. Alınan görüntüler HemiView yazılımı kullanılarak analiz edilmiş ve kapalılık belirlenmiştir.

2.3. Ölüörtünün Örneklenmesi ve Humus Formunun Tanımlanması

Her meşcere içerisinde 16m² lik örnek alanlar belirlenmiştir. Ölüörtünün organik (O_L , O_F ve O_H) ve

organo-mineral (A) horizonları, her bir örnek alanın üç köşesinden alınan 25 cm × 25 cm ölçülerindeki çerçeveler içerisinde tanımlanmıştır. Humus formunun tanımlanmasında kullanılan organik ve organo-mineral horizonların özellikleri şu şekildedir;

O_L , neredeyse bozulmamış yoğun miktarda yaprak ve göreceli olarak az miktarda dal, kozalak ve kabuk vb. parçalarından oluşur. Bu horizon ikiye ayrılabilir: (i) Belirgin bir ayrışma olmaksızın bir yaşından küçük ölüörtüden oluşan O_{Ln} ; ve (ii) esas olarak mantar aktivitesi nedeniyle renk değişiklikleri, kohezyon ve sertlik gösteren bir yaşından büyük ölüörtüden oluşan O_{Lv} (Zanella ve ark., 2011a).

O_F , kaba bitki parçaları ile dışkı topaklarının birikmesinden kaynaklanan ince organik madde (% 30'dan az) karışımından oluşur (Zanella ve ark., 2011a).

O_H , %70'den fazla canlılara ait dışkı topaklarının birikmesinden kaynaklanan ince organik madde ile küçük bitki parçalarından oluşur. O_H horizonu, O_F horizonuna kıyasla toprak canlılarının faaliyetlerinden dolayı daha fazla dönüşüme (parçalanma, humifikasyona) uğramıştır. A, ölüörtünün ayrışmasından ve toprak canlılarının faaliyetlerinden etkilenen bu horizon toprak faunası faaliyetine göre zoojenik (zoA) ve zoojenik olmayan (nozA) olarak ikiye ayrılır. Zoojenik A horizonu solucanlar, saksı kurtları ve eklembacaklılar tarafından etkilenirken zoojenik olmayan A horizonu mantar ve bakteri faaliyetinden etkilenir. Daha sonra zoojenik A horizonu toprak canlılarının boyutları ve A horizonunda oluşturdukları agregatlara göre makro (maA), mezo (meA) ve mikro (miA) tanımlayıcı horizonlara ayrılır (Zanella ve ark., 2011a; Zanella ve ark., 2018a).



Şekil 1. Canlı faaliyetleri sonucu oluşan zoojenik, biyomakro (maA), miyomezo (meA) ve biyomikro (miA) organik-mineral A horizonları.

Yapılan yeni sınıflandırmaya göre, Mull, Moder (çürüntülü mull) ve mor (ham humus)'a ek olarak Amphi ve Tangel humus formu eklenmiştir (Zanella ve ark., 2018b). Yeni eklenen humus formlarında, anakaya/anamateryal ve A horizonunun pH değeri humus formlarının ayırımında kullanılmaktadır (Zanella ve ark., 2009; Zanella ve ark., 2011b; Zanella ve ark., 2018b).

2.4. Toprağın Örneklenmesi

Meşcerelerin genel toprak özelliklerinin ortaya konması için her bir örnek alanda toprak çukuru açılmıştır. Toprak çukurlarından derinlik kademelerine göre (0 – 5 cm, 5 – 15 cm, 15 – 30 cm, 30 -60 cm) örnekleme yapılmıştır. Her derinlik kademesinin ortasından 100 cm³ çelik silindirleri ile toprak örneği alınmış ve hacim ağırlığı belirlenmiştir (Blake ve Hartge, 1986). Ayrıca her derinlik kademesinden alınan toprak örnekleri laboratuvara getirilerek analize hazır hale getirilmiş ve toprak türü, pH, EC, tuzluluk, kireç, organik karbon ve anakayaya dair bilgiler belirlenmiştir (Karaöz, 1989; Pansu ve Gautheyrou, 2006).

3. Bulgular

3.1. Farklı Gelişim Çağlarındaki Karaçam Meşcerelerindeki Humus Formları

Karaçamın Çkb gelişim çağındaki meşceresi AUO içerisindeki 43. bölgede bulunmaktadır. Ortalama yaşı 25 olan karaçam meşceresi 15 cm çap ve 14 m boy yapmaktadır. Hektardaki ağaç sayısı 1161 ha ve kapalılık derecesi ise 0,9 (tam kapalı) olarak belirlenmiştir. Söz konusu meşcere dikim ile getirilmiştir. Sık dikim yapılmış olup meşcere gelişim süresi boyunca hiç müdahale görmediği için boy gelişimi fazladır (0). Karaçam yarı ışık ağacı olmasına rağmen gölgeye dayanıklı değildir ve en iyi gelişimini dolu güneş ışığında yapar (Genç, 2012). Bu sebeple meşcere gelişimi açısından ivedilikle aralama müdahalelerinin yapılması gerekmektedir. Sıra veya mesafe aralaması

uygulanarak bireylere daha serbest çap gelişimi yapabilecekleri yaşam alanı sağlanmalıdır. Meşcere içerisine giren ışık miktarı az olduğu için alt dallarda doğal dal budanması meydana gelmiştir. Işık azlığından dolayı toprak üstünde otsu bitkilere rastlanmamıştır. Yoğun bir ölü örtü tabakası bulunmaktadır (3.388 g m⁻²). Meşcere kapalılığı yüksek olup, aralama müdahaleleri sonucu toprağa ulaşan suyun, ışığın ve dolayısıyla sıcaklığın yararlı ölçüler içinde artırılması, mikroorganizma faaliyetinin artması ve ölü örtü ayrışmasının hızlanmasına ve daha verimli toprak koşullarının yaratılmasına yardımcı olur (Odabaşı ve ark., 2004). Çkb meşceresi 1414 m rakımda ve düz bir arazide bulunmaktadır. Açılan toprak çukurunda 60 cm'ye kadar inilebilmiştir. Toprak türü kil olan toprakların reaksiyonu çok hafif asit (pH:6,41) ile hafif alkalidir (pH:7,62). Az kireçli (% 1,95) olan topraklarda organik madde üst toprakta çok yüksekken toprak derinliği azaldıkça organik madde miktarı da azalmaktadır (ort. % 5,22) (Çepel, 1995). Anakaya serpantin anakayasıdır.

Ağaç gövdeleri arasından alınan ve makroskopik olarak incelenen ölü örtü örneğinin 5cm kalınlığında olduğu belirlenmiştir. O_L tabakası 1,5 cm, O_F tabakası 3 cm ve O_H tabakası yaklaşık 0,5 cm dir. Ölü örtü tabakası altında organomineral Ah horizonu 1,0 – 1,5 cm kalınlığındadır. O_F ve O_H horizonlarında mantar miselleri mevcutken OH ve Ah horizonlarında kılcal kökler mevcuttur. Ah horizonundaki mineral madde küçük ve yuvarlak köşeli iken A horizonunda köşeli ve daha açık renktedir. Alanda mikroeklembacıklılara ve dışkılara rastlanmıştır. Yeni sınıflandırmaya göre O_L, O_F ve O_H horizonlarını içeren ve A horizonunun pH değeri 5'den yüksek olan Çkb meşceresinin humus formu *Amphi* olarak tanımlanmıştır. Sınıflandırmanın sonraki aşamasında *Amphi* humus formu kendi içerisinde O_H horizonunun kalınlığına ve canlı faaliyetine göre 4'e ayrılmaktadır. Çkb alanında O_H horizonu 1cm'den az olduğu ve maA horizonu olduğu için *Leptoamphi* humus formu olarak teşhis edilmiştir (0).



Şekil 2. Çkb gelişim çağındaki karaçam meşceresi ve Leptoamphi humus formuna ait tanımlayıcı horizonlar.

Karaçamın Çkc gelişim çağındaki meşçeresi AUO içerisindeki 41. bölmede bulunmaktadır. Ortalama yaşı 86 olan karaçam meşçeresi 23 cm çap, 13 m boy yapmakta olup hektardaki ağaç sayısı 797 ha ve kapalılık derecesi ise 0,8 olarak belirlenmiştir. Söz konusu meşçere ince ağaçlık çağında olup gevşek kapalılık söz konusudur. İdare süresinin sonlarına yaklaşan bu meşçerede kuvvetli alçak aralama müdahaleleri uygulanarak çap artımı sağlanabilir ayrıca bireylerin tepe gelişimi de desteklenebilir müdahale gerekmemekte olup kapalılık derecesinin. meşçerenin bulunduğu alan 1.366 m rakımda %20-25 eğime sahip olup Kuzey bakıda yer almaktadır. Meşçere içerisine giren ışık miktarı, Çkb meşçeresine kıyasla göreceli daha fazladır ve az miktarda otsu tür ile toprak üstü yeşillenmiştir. Yoğun bir ölüörtü tabakası bulunmaktadır (3.043 g m⁻²). Çkc meşçeresinde açılan toprak çukurunda 30 cm'ye kadar inilebilmiştir. Toprak türü kil ve toprakların reaksiyonu çok hafif asidiktir (pH: 6,49). Az kireçli (% 2,12) olan topraklarda organik madde miktarı orta yoğunlukta olup alt derinlik kademelerine doğru azalmaktadır (ort. % 4,26) (Çepel, 1995). Anakaya serpantin anakayasıdır.



Alınan ölüörtü örneklerinde, toprak üstünde 4 cm kalınlığında bir ölüörtü katmanı olduğu belirlenmiştir. Organik tabakalar ortalama, O_L tabakası 2 cm, O_F tabakası 1 cm ve O_H tabakası ortalama 1 cm kalınlığındadır. Ölüörtü tabakası altında organo-mineral Ah horizonu 2 – 2,5 cm kalınlığındadır. O_H ve Ah horizonlarında yoğun miktarda mantar miselleri ve kılcal kökler görülmektedir. Ah ve A horizonlarındaki mineral maddeler küçük, yuvarlak köşeli ve A horizonunda Ah horizonuna kıyasla renk daha açıktır. Alanda mikroeklembacıklılara ve dışkılara rastlanmıştır. Yeni sınıflandırmaya göre O_L, O_F ve O_H horizonlarını içeren ve A horizonunun pH değeri 5'den yüksek olan Çkc meşçeresinin humus formu *Amphi* olarak tanımlanmıştır. Sınıflandırmanın sonraki aşamasında *Amphi* humus formu kendi içerisinde O_H horizonunun kalınlığına ve canlı faaliyetine göre 4'e ayrılmaktadır. Çkb alanında O_H horizonu 3cm'den az olduğu ve miA ve meA horizonu olduğu için *Eumesoamphi* humus formu olarak teşhis edilmiştir (0).



Şekil 3. Çkc gelişim çağındaki karaçam meşçeresi ve Eumesoamphi humus formuna ait tanımlayıcı horizonlar.

Karaçamın Çkd gelişim çağındaki meşçeresi AUO içerisindeki 43. bölmesinde bulunmaktadır. Ortalama yaşı 146 olan karaçam meşçeresinin çapı 37 cm, boyu 14 m, hektardaki ağaç sayısı 633 ha ve kapalılık derecesi 0,7'dir. Meşçere gençleştirme çağına ulaşmış olup ağaç türünün biyolojisi ve yetiştirme ortamı koşulları dikkate alınarak siper durumu ile gençleştirme müdahalelerine başlanmalıdır. Meşçerenin bulunduğu alan 1.445 m rakımda %25 eğime sahip olup Kuzey bakıda yer almaktadır. Meşçere içerisine giren ışık miktarı fazla olduğundan alt tabakada karaçam gençliği ve ardıç ve bol miktarda otsu tür bulunmaktadır. Örnek alanlar arasında en yoğun ölüörtü tabakasına (7.128 g m⁻²) sahip karaçam meşçeresidir bunun bir nedeni de ölüörtü içerisinde yoğun miktarda ince dal ve kozalak olmasıdır. Çkd meşçeresinde açılan toprak

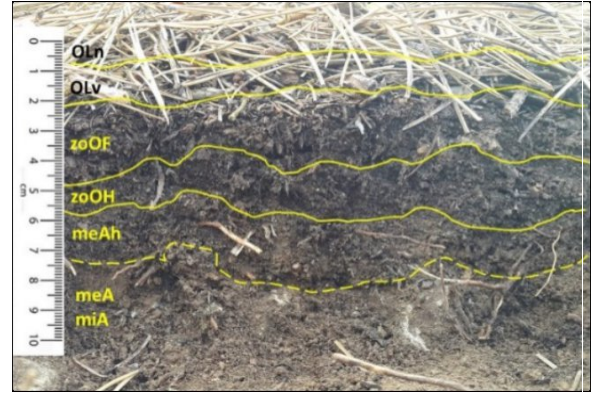
çukurunda 30 cm'ye kadar inilebilmiştir. Çkd meşçeresinin tüm derinlik kademelerinde toprak türü kildir. Toprak reaksiyonu hafif alkalin (pH: 7,16) ve çok hafif asidiktir (pH: 6,94). Az kireçli (% 2,32) olan topraklarda organik madde miktarı düşüktür (ort. % 2,71) (Çepel, 1995). Anakaya serpantin anakayasıdır.

Alınan ölüörtü örneklerinde, toprak üstünde 5,5 cm kalınlığında bir ölüörtü katmanı olduğu belirlenmiştir. Organik tabakalar ortalama, O_L tabakası 2 cm, O_F tabakası 2,5 – 3 cm ve O_H tabakası ortalama 1 – 1,5 cm kalınlığındadır. Ölüörtü tabakasının altında organo-mineral Ah horizonu 1,5 – 2 cm kalınlığındadır. Mantar miselleri O_F, O_H ve Ah horizonlarında yoğun miktarda bulunmakta ve toprak agregatlarını birbirlerine bağlamaktadır. Ah horizonunda ise ince kökler yoğun miktarda

bulunmaktadır. Ah horizonundaki mineral maddeler küçük ve yuvarlak köşeli iken A horizonunda daha büyük köşeli ve daha açık renktedir. Çkd meşçeresinde makroklembacaklı olan kırkayak (Diplopoda) taksonuna rastlanmıştır ayrıca mikro ve makroklembacaklı dışkıları da görülmüştür (0). Çkd meşçeresi ölüörtüsü O_L , O_F ve O_H horizonlarını içerirken, A horizonunun pH değeri 7,16'dır. Bu özellikleri ile humus formu *Amphi* olarak tanımlanmıştır. Ayrıca maA horizonu içermesi ve 1 cm'den kalın O_H horizonu içermesi nedeni ile humus formu *Eumakroamphi* olarak teşhis edilmiştir (0).



Şekil 4. Makroklembacaklı olan kırkayak (Diplopoda).



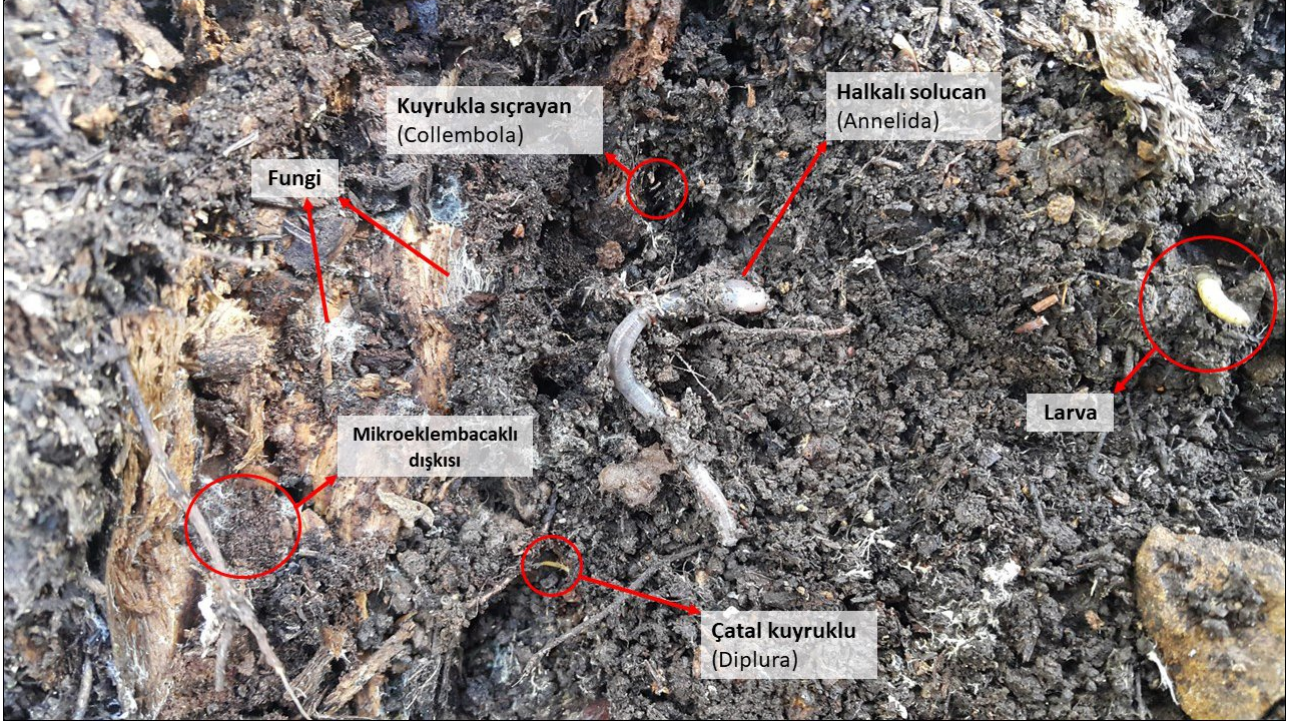
Şekil 5. Çkd gelişim çağındaki karaçam meşçeresi ve Eumakroamphi humus formuna ait tanımlayıcı horizonlar.

3.2. Sarıçam Meşçeresindeki Humus Formu

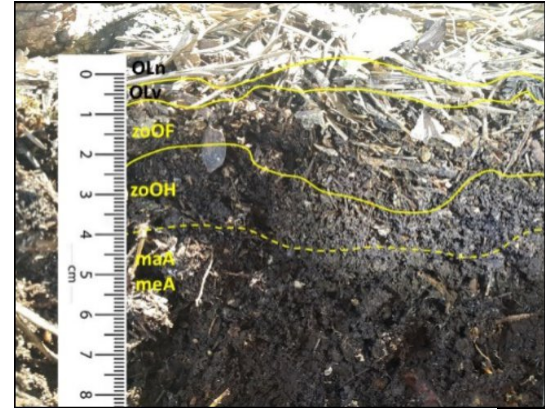
Araştırma ve Uygulama ormanında bulunan diğer bir tür olan sarıçamın Çsc gelişim çağındaki meşçeresi 43. bölmede bulunmaktadır. Ortalama yaşı 72 olan sarıçam meşçeresinin çapı 25 cm boyu 15 m, hektardaki ağaç sayısı 675 ha ve kapallık derecesi 0,9 dur. Saf sarıçam meşçeresi içerisinde çok az karaçam bulunmaktadır. Meşçere ince ağaçlık çağında olup kuvvetli alçak aralama müdahaleleri ile çap ve tepe gelişimi sağlanarak, meşçere doğal gençleştirmeye hazırlanmaya başlanmalıdır. Meşçerenin bulunduğu alan 1634 m rakımda %30-35 eğime sahip olup Kuzey-Batı bakıda yer almaktadır. Sarıçam meşçeresinin alt tabakasında ardıç, eğrelti otları, bol miktarda otsu tür ve karayosunları bulunmaktadır. Metrekaredeki ölüörtü miktarı sarıçam meşçeresinde 4096 g m^{-2} dir. Çsc meşçeresinde açılan toprak çukurunda taşlılık nedeni ile 15-20 cm'ye kadar inilmiştir. Rakım yüksek ve eğim fazla olduğu için topraklar sığdır fakat anakaya köklerin daha derine inmesine izin vermektedir. Çsc meşçeresinin üst derinlik kademelerinde toprak türü kumlu killi balçık iken 5-15 cm de killi balçıktır. Toprak reaksiyonu çok hafif asidiktir (pH: 6,51). Az kireçli (% 0,85) olan

topraklarda orta miktarda organik madde bulunmaktadır (ort. % 8,85) (Çepel, 1995). Anakaya sipilit anakayasıdır.

Alınan ölüörtü örneklerinde, toprak üstünde 4 cm kalınlığında bir ölüörtü katmanı olduğu belirlenmiştir. Organik tabakalar ortalama, O_L tabakası 0,5-1 cm, O_F tabakası 1,5 – 2 cm ve O_H tabakası ortalama 1,5 – 2 cm kalınlığındadır. Ölüörtü tabakasının altında geçiş horizonu olan organo-mineral Ah horizonuna rastlanmadan keskin bir şekilde A horizonuna geçmektedir. Mantar miselleri O_F , O_H ve A horizonlarında yoğun miktarda bulunmakta ve toprak agregatlarını birbirlerine bağlamaktadır. O_H ve A horizonlarında ince kökler yoğun miktarda bulunmaktadır. A horizonundaki mineral maddeler küçük ve yuvarlak köşelidir. Çsc meşçeresinde makrofaunaya (Annelida ve larva) rastlanmıştır ayrıca mikroklembacaklılar (Collembola ve Diplura) ile dışkıları da görülmüştür (0). Çsc meşçeresi ölüörtüsü O_L , O_F ve O_H horizonlarını içerirken A horizonunun pH değeri 6,48'dir. Bu özellikleri ile humus formu *Amphi* olarak tanımlanmıştır. Ayrıca maA horizonu içermesi ve O_H horizonunun kalınlığı 1 cm'den fazla olduğu için humus formu *Eumakroamphi* olarak teşhis edilmiştir (0).



Şekil 6. Sarıçam meşçeresi altında oluşan Eumakroamphi humus formunda bulunan toprak canlıları.



Şekil 7. Çsc gelişim çağındaki sarıçam meşçeresi ve Eumakroamphi humus formuna ait tanımlayıcı horizonlar.

4. Tartışma ve Sonuç

Araştırma ve Uygulama Ormanı'nda yapılan çalışmada karaçam ve sarıçam meşçereleri altında, ölüörtünün tanımlayıcı O_L, O_F ve O_H horizonları içerdiğinden ve ayrıca toprak pH değerinin beş'den yüksek olması nedeni ile humus formunun Amphi olduğu belirlenmiştir. Fakat karaçamın farklı gelişim çağındaki ölüörtüsünün ayrıntılı morfolojik ve biyolojik (toprak faunasının faaliyetlerine göre) incelenmesi ile Çkb, Çkc ve Çkd meşçerelerinde sırası ile *Leptoamphi*, *Eumesoamphi* ve *Eumacroamphi* humus tipleri olduğu belirlenmiştir. Ferré ve Comolli (2020) 50 ve 80 yaşındaki meşe (*Quercus rubra* L.) meşçerelerinde humus formunun yaşa bağlı olarak mul tipi humustan çürüntülü mul (moder) tipi humusa doğru değiştiğini göstermiştir. Ülkemizde en kapsamlı ölüörtü incelemesi Irmak

(1977) tarafından Batı Karadeniz'de sarıçam ve göknar meşçereleri altında yapılmış olup fauna faaliyeti dikkate alınarak yapılmıştır. Bu çalışmada sarıçam meşçeresi humus formu çürüntülü mul olarak bulunurken göknar meşçeresi humus formu mul ile çürüntülü mul arası geçiş formu olabileceği belirtilmiştir.

Ağaç türleri, türe özgü kimyasal özellikleri ile farklı ölüörtü kalitelerine sahiptirler (Bayranvand ve ark., 2017). Ölüörtü kalitesi ayrışma sürecini ve humus formunu etkileyen önemli faktörlerdendir (Trap ve ark., 2013). Yapılan çalışmada Sarıçam meşçeresinde Çkd meşçeresine benzer olarak *Eumacroamphi* humus formu belirlenmiştir. İspanya'da 1100, 1400 ve 1600 m yükseltilerde kuzey bakıda ve kumtaşı ana materyalinde gelişen sarıçam meşçerelerinde yapılan çalışmada yükselti boyunca sırası ile *Dysmul*, *Hemimoder* ve *Humimor*

humus formu olduğu belirlenmiştir. Bu humus formunun en büyük ortak yanı toprak pH'sının 5'den düşük olmasıdır (Badía-Villas ve Girona-García, 2018).

Sonuç olarak yapılan bu çalışma Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanında bulunan humus formları belirlenmiştir. Çalışma alanında humus formu, takım düzeyinde değişmemesine rağmen mikro, mezo ve makro faunanın komünite yapısındaki değişime bağlı olarak farklı humus formlarının meydana gelebileceği ortaya konmuştur. Örnek alan sayısı artırılarak yapılacak çalışmalarda humus formunun oluşumunu etkileyen değişkenlerin belirlenmesi mümkün olacaktır. Özellikle ağaç türü, yükselti, bakı gibi temel değişkenlerle ilişkilerinin ortaya konulması ormancılık faaliyetlerine yön verici nitelikte olabilir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

Abay, G., Ursavaş, S., 2009. Çankırı ili Araştırma Ormanı Karayosunu (Musci) Flora ve Ekolojisi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi 11, 61-70.

Andreotta, A., Ciampalini, R., Moretti, P., Vingiani, S., Poggio, G., Matteucci, G., Tescari, F., Carnicelli, S., 2011. Forest humus forms as potential indicators of soil carbon storage in Mediterranean environments. *Biology and Fertility of Soils*. 47, 31-40.

Badía-Villas, D., Girona-García, A., 2018. Soil humus changes with elevation in Scots pine stands of the Moncayo Massif (NE Spain). *Applied Soil Ecology*. 123, 617-621.

Bayranvand, M., Kooch, Y., Hosseini, S.M., Alberti, G., 2017. Humus forms in relation to altitude and forest type in the Northern mountainous regions of Iran. *Forest Ecology And Management*. 385, 78-86.

Berg, B., McLaugherty, C., 2014. Plant litter, Decomposition, humus formation, carbon sequestration. Third Edition. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Bernier, N., 2018. Hotspots of biodiversity in the underground: A matter of humus form? *Applied Soil Ecology*. 123, 305-312.

Blake, G.R., Hartge, K.H. (Eds.), 1986. Bulk density and particle density. SSSA Book Series: 5, Madison.

Cakir, M., Makineci, E., 2013. Humus characteristics and seasonal changes of soil arthropod communities in a natural sessile oak (*Quercus petraea* L.) stand and adjacent Austrian pine (*Pinus nigra* Arnold) plantation. *Environmental Monitoring and Assessment*. 185, 8943-8955.

Coleman, D.C., Crossley, D.A., Hendrix, P.F., 2004. Fundamentals of soil ecology. Academic Press, USA.

Çakır, M., 2019. The negative effect of wood ants (*Formica rufa*) on microarthropod density and soil biological quality in a semi-arid pine forest. *Pedobiologia*. 77, 150593.

Çakır, M., Günlü, A., Şenyurt, M., Ercanlı, İ., 2020. ÇAKÜ Orman Fakültesi Araştırma Ormanının Yetiştirme Ortamı Sınıflandırılması ve Haritalanması, ÇAKÜ BAP.

Çakır, M., Makineci, E., 2018. Community structure and seasonal variations of soil microarthropods during environmental changes. *Applied Soil Ecology*. 123, 313-317.

Çepel, N., 1995. Orman Ekolojisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İstanbul.

Darwin, C., 1881. The formation of vegetable mould, through the action of worms, with observations on their habits. J. Murray, London.

De Vos, B., Cools, N., Ilvesniemi, H., Vesterdal, L., Vanguelova, E., Carnicelli, S., 2015. Benchmark values for forest soil carbon stocks in Europe: Results from a large scale forest soil survey. *Geoderma*. 251, 33-46.

Ferré, C., Comolli, R., 2020. Effects of *Quercus rubra* L. on soil properties and humus forms in 50-year-old and 80-year-old forest stands of Lombardy plain. *Annals of Forest Science*. 77, 1-19.

Genç, M., 2012. Silvikültürün Temel Esasları. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 44, Isparta.

Green, R., Trowbridge, R., Klinka, K., 1993. Towards a taxonomic classification of humus forms. *Forest Science*. 39, 1-49.

Hillel, D., 1991. Out of the Earth: Civilization and the Life of the Soil. Free Press, New York.

Irmak, A., 1946. Yetiştirme Muhiti ve Meşcere Tanıtımı Klavuzu T.C. Tarım Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, İstanbul.

Irmak, A., 1970. Orman Ekolojisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Irmak, A., 1977. Bazı batı karadeniz ormanlarında tabii gençleştirme imkânları bakımından humus durumu. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi. 27, 93-108.

Irmak, A., Çepel, N., 1974. Bazı karaçam, kayın ve meşe meşcerelerinde ölü örtünün ayrışma ve humuslaşma hızı üzerine araştırmalar. Taş matbaası, İstanbul.

Jabiol, B., Zanella, A., Ponge, J.-F., Sartori, G., Englich, M., Van Delft, B., De Waal, R., Le Bayon, R.-C., 2013. A proposal for including humus forms in the World Reference Base for Soil Resources (WRB-FAO). *Geoderma*. 192, 286-294.

Karaöz, M.Ö., 1989. Toprakların bazı kimyasal özelliklerinin (pH, karbonat, tuzluluk, organik madde, total azot, yararlanılabilir fosfor) analiz yöntemleri. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*. 39, 64-82.

Klinka, K., Fons, J., Krestov, P., 1997. Towards a taxonomic classification of humus forms: third approximation. *Scientia Silvicola*. 9, 1-4.

Klinka, K., Wang, Q., Carter, R., 1990. Relationships Among Humus Forms, Forest Floor Nutrient Properties, and Understory Vegetation. *Forest Science*. 36, 564-581.

Labaz, B., Galka, B., Bogacz, A., Waroszewski, J., Kabala, C., 2014. Factors influencing humus forms and forest litter properties in the mid-mountains under temperate climate of southwestern Poland. *Geoderma*. 230, 265-273.

Miltner, A., Zech, W., Çepel, N., Eler, Ü., 1996. Soil organic matter composition in three humus profiles of the western Taurus, Turkey, as revealed by wet chemistry and CP/MAS ¹³C NMR spectroscopy. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 159, 257-262.

Mori, K., Bernier, N., Kosaki, T., Ponge, J.F., 2009. Tree influence on soil biological activity: What can be inferred from the optical examination of humus profiles? *European Journal of Soil Biology*. 45, 290-300.

Müller, P.E., 1887. Studien über die natürlichen Humusformen und deren Einwirkung auf Vegetation und Boden. Springer, Berlin.

Müller, P.E., 1889. Recherches sur les formes naturelles de l'humus et leur influence sur la végétation et le sol. Berger-Levrault, Paris.

Odabaşı, T., Çalışkan, A., Bozkuş, F.H., 2004. Orman Bakımı. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Pansu, M., Gautheyrou, J., 2006. Handbook of soil analysis: mineralogical, organic and inorganic methods. Springer.

Ponge, J.-F., Jabiol, B., Gégout, J.-C., 2011. Geology and climate conditions affect more humus forms than forest canopies at large scale in temperate forests. *Geoderma*. 162, 187-195.

Ponge, J.-F., Zanella, A., Sartori, G., Jabiol, B., 2010. Terrestrial humus forms: ecological relevance and classification.

Ponge, J.F., Chevalier, R., 2006. Humus Index as an indicator of forest stand and soil properties. *Forest Ecology And Management*. 233, 165-175.

Salmon, S., 2018. Changes in humus forms, soil invertebrate communities and soil functioning with forest dynamics. *Applied Soil Ecology*. 123, 345-354.

Trap, J., Bureau, F., Perez, G., Aubert, M., 2013. PLS-regressions highlight litter quality as the major predictor of humus form shift along forest maturation. *Soil Biology and Biochemistry*. 57, 969-971.

Waksman, S.A., 1936. Humus origin, chemical composition, and importance in nature. In: *The Williams & Wilkins Company*, Baltimore.

Wilde, S., 1966. A new systematic terminology of forest humus layers. *Soil Science*. 101, 403-407.

Wilde, S., 1971. Forest humus: Its classification on a genetic basis. *Soil Science*. 111, 1-12.

Zanella, A., Jabiol, B., Ponge, J.-F., Sartori, G., De Waal, R., Van Delft, B., Graefe, U., Cools, N., Katzensteiner, K., Hager, H., 2011a. European humus forms reference base. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00541496/file/Humus_Forms_ERB_31_01_2011.pdf.

Zanella, A., Jabiol, B., Ponge, J.F., Sartori, G., De Waal, R., Van Delft, B., Graefe, U., Cools, N., Katzensteiner, K., Hager, H., 2011b. A European morpho-functional classification of humus forms. *Geoderma*. 164, 138-145.

Zanella, A., Jabiol, B., Ponge, J.F., Sartori, G., De Waal, R., Van Delft, B., Graefe, U., Cools, N., Katzensteiner, K., Hager, H., 2009. Toward a European humus forms reference base. *Studi Trentini di Scienze Naturali*. 85, 145-151.

Zanella, A., Ponge, J.-F., Jabiol, B., Sartori, G., Kolb, E., Gobat, J.-M., Le Bayon, R.-C., Aubert, M., De Waal, R., Van Delft, B., 2018a. Humusica 1, article 4: terrestrial humus systems and forms—specific terms and diagnostic horizons. *Applied Soil Ecology*. 122, 56-74.

Zanella, A., Ponge, J.-F., Jabiol, B., Sartori, G., Kolb, E., Le Bayon, R.-C., Gobat, J.-M., Aubert, M., De Waal, R., Van Delft, B., 2018b. Humusica 1, article 5: Terrestrial humus systems and forms—Keys of classification of humus systems and forms. *Applied Soil Ecology*. 122, 75-86.