

Kumul ağaçlandırmalarının toprak agregatlaşmasına (kırıntılanmasına) etkisi

Osman POLAT^{1*}, Dr. Sevda POLAT¹

¹Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü PK:18 Tarsus/MERSİN

* İletişim yazarı/Corresponding author: osmanpolat@ogm.gov.tr, Geliş tarihi/Received:03.09.2014, Kabul tarihi/Accepted:10.10.2014

Öz

Tarsus-Ortakumluk Kıyı Kumulu'nun stabilizasyonu için kurulan Turan Emeksiz Ormanı'ndaki fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) ağaçlandırma alanlarında toprak agregatlaşmasını belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada, fıstıkçamı tepe tacı altındaki toprakların mikromorfolojik özellikleri, kireç, organik madde içeriği ve mikorizal potansiyeli saptanmış ve agregatlaşma mikromorfolojik olarak tarama elektron mikroskobu altında incelenmiştir. Fıstıkçamı plantasyonları altında, bitkisel materyallerin yaygın düzeyde yerinde (in-situ) humifikasyona uğradığı, mineral yüzeylerini saran ve onları birbirine bağlayan mantar hiflerinin yaygın olduğu belirlenmiştir. Rüzgâr erozyonunu durdurmak amacıyla ağaçlandırılan kumulda kalsiyum karbonatın, organik madde ve mikoriza hiflerinin bağımsız kum parçacıklarının agregatlaşmasında etkili olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kumul, ağaçlandırma, toprak agregatlaşması

The effect of sand dune area plantation on soil aggregation

Abstract

To determine the effect on the soil aggregate of stone pine (*Pinus pinea* L.) plantation on the Turan Emeksiz Forest established to stop wind erosion of the Tarsus-Ortakumluk sand dunes were investigated under the stone pine canopy. Micromorphological properties, CaCO₃, organic matter and mycorrhizae potential were undertaken on soils of each plot. Undisturbed soil aggregate samples were also collected from all plantation plots for SEM/microprobe studies. Undisturbed soil aggregate samples revealed the in-situ humification of plant residues together with the development of fungal hyphae (mycelia) binding mineral surfaces. Thus, CaCO₃, organic matter and mycorrhiza hyphae were effected on soil aggregate on the sand dunes.

Keywords: Sand dune, plantation, soil aggregation

1. Giriş

Ülkemizin % 0,6'sı kumullarla kaplı olup, en fazla kumul 21161 ha ile Akdeniz Bölgesi'nde yer almaktadır. Kıyı kumulları yapısı gereği oldukça hareketlidirler ve su ile kara ekosistemleri arasında geçişi sağlayan çok duyarlı ve dinamik yapılardır (Uslu, 1993). Oakes (1958), eksibelerin kum birikintilerinden veya ufak tepeliklerden oluştuğunu ve parçacıkların rüzgârlar tarafından sürüklenip yığılmasıyla meydana geldiklerini ve toprak oluşumu göstermediklerini belirtmiştir. Dinç ve ark. (1989) ise kıyı kumullarının saf kuvars kumu olmayıp bünyelerinde ayrıştığında toprak oluşturabilen farklı mineralleri de bulduklarını saptamışlardır.

Bitkiler doğrudan veya dolaylı olarak toprak oluşumuna etkide bulunurlar. Bitkiler bir yandan kökleriyle solum altındaki ana kayayı fiziksel parçalanma ve kimyasal ayrışmaya uğrattırırken, toprağa organik madde sağlarlar ve gereksinim duydukları suyu topraktan alarak profilden uzaklaşan suyun miktarını azaltırlar (Dinç ve ark., 1995). Vejetasyon örtüsü toprak yüzeyi üzerinde koruyucu bir manto oluşturur. Bitkiler yağmur damlalarının çarpma etkisini hafifletirler ve yağışların bir kısmını yapraklarında depolarlar. Bu şekilde, katı toprak parçacıklarının su ile yıkanması ve rüzgârla savrulması (erozyon) ile agregat parçalanması ve toprakların çamurlaşip sıkışması azaltılır veya önlenir (Schachtschabel ve ark., 2001).

Toprağın organik maddesi, toprakta yetişen bitkiler ile toprak içinde yaşayan canlıların artıklarından oluşur. Ormanda toprağın organik maddesinin önemli bir kısmı, ağaçların yaprakları, meyve ve tohumları, bunlara ait kozalaklar vb. organlar, kabuklar, dallardır. Organik madde artıkları toprağın yüzeyinde bir ölü örtü halinde serilmiş durumdadırlar. Bu ölü örtünün ayrışması, ayrışma ürünleri veya humus halinde toprağa karışması toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde önemli etkiler yapar (Kantarci, 2000).

Topraktaki agregatlaşma ve agregatların dayanımları mikrobiyal topluluklar, toprak organik ve inorganik minerallerine, yüzeyde birikmiş olan bitkisel atıkların doğasına ve ekosistemdeki değişikliklere bağlı olabilmektedir. Topraklardaki agregatlaşma, toprakların su tutma ve havalanma kapasitesi, suyun ve havanın toprak içerisindeki hareketi, kök gelişimi ve dağılımı, mikrobiyal toplulukların aktivitesi gibi özellikler üzerine etkili olurken, agregat stabilitesi daha çok toprak erozyonunun önlenmesi üzerine etkili olmaktadır [Tate (1995)'e atfen Okur (2010)]. Oakes ve ark.(1982)'na atfen Yılmaz (2002), agregat stabilitesinden sorumlu farklı konumlarda rol alan üç çeşit çimentolayıcı maddenin varlığından söz etmiştir. Bu çimentolayıcı maddelerin a) hızlı bir biçimde parçalanan, bitkilerden ve mikrobiyal üretim sonucu meydana gelen, kısa süreli etkisi ile agregat stabilitesinden sorumlu polisakkaritler, b) agregat stabilitesini geçici olarak etkileyen bitki köklerindeki hifler ve özellikle de mikorizal etmenler, c) agregat stabilitesini kalıcı ve uzun süreli etki eden polivalent metal katyonlar içerisinde en etkilileri olan amorf alüminyum ve demirin aromatik humik materyale katılımıyla oluşan bileşiklerin olduğu bildirilmektedir.

Yüksek düzeyde organik maddenin agregat oluşumunun düzenlenmesinde temel rol oynadığı, humik materyallerin hem bakteri hem de mantar gelişimini sağladığı, yüksek düzeyde besin maddesi ve havalanma oluşturarak mantar ve bakteri misellerinin polisakkarit üretiminde artışa neden olduğu belirtilmiştir. Ayrıca polifenilik humik materyallerin polisakkaritlerle birlikte toprakların bozunumuna yol açan etkenlere karşı toprakları daha dayanıklı hale getirdiği ve böylece organik maddenin topraklarda agregat stabilitesini arttırmak için yardımcı unsur olarak görülebileceğini de belirtmiştir (Church (2001)'e atfen Yılmaz (2002)).

Demiralay (1982), uzun yıllar çayır örtüsü altında kalan toprakların strüktürünün genellikle olumlu yönde geliştiğini bildirmektedir. Bu olumlu gelişmenin esas nedeni olarak çayır bitkilerinin yoğun saçak kök sistemine sahip olmasını göstermektedir. Bir yandan yoğun kök aktivitesi, bir yandan da toprağa kazandırılan bol miktardaki ölü köklerin mikrobiyal parçalanma etkisinde kalması sonucunda agregasyonun geliştiğini bildirmektedir.

Sağlam ve ark. (1993) ve Schachtschabel ve ark. (2001), çeşitli topraklarda organik karbon içeriği ile 0,5 mm'den daha büyük agregatlar arasında önemli bir ilişki bulunduğunu ve organik maddenin daha çok iri agregatların oluşmasını desteklediğini bildirmiştir. Ayrıca dayanıklı agregatların karbon içeriğinin toprağın diğer kısımlarında bulunan karbon içeriğinden daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Özbek ve ark. (1993), yüzey toprağında ileri düzeyde ayrılmış organik madde atıklarının bulunması durumunda bunun mineral toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerindeki etkisinin büyük olacağını belirtmişlerdir. Organik atıkların ayrışma ürünü olan humusun toprağın fiziksel durumu üzerine olan iyileştirici etkisinin tüm topraklarda görülmesiyle beraber, özellikle fazla killi ve kumlu topraklarda daha fazla olduğunu belirtmiştir (Kantarci, 2000).

Bu çalışmada da, ağaçlandırma sahası olan ve agregatlaşma düzeyi kum tekstürü nedeniyle düşük olan kumullarda agregat dayanımı etmenleri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

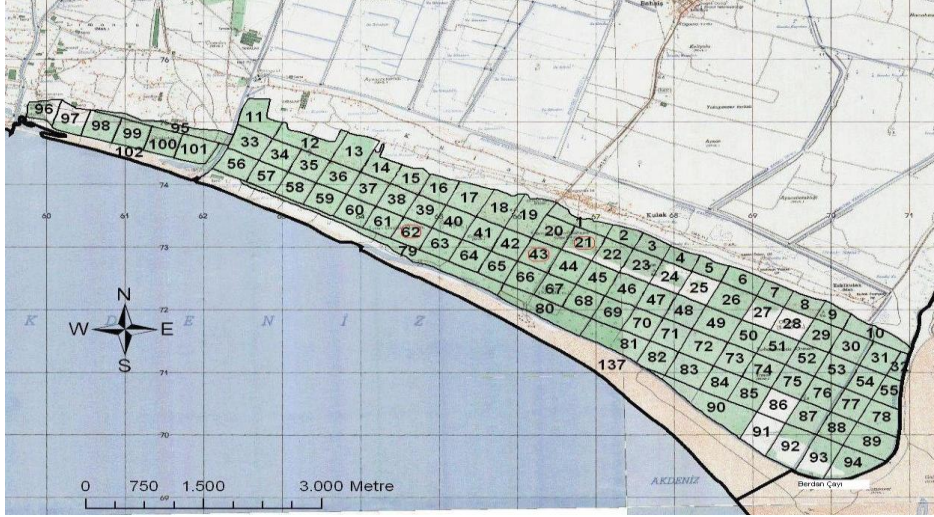
2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

1732 ha büyüklüğündeki Turan Emeksiz Ormanı, Mersin ili Tarsus ilçesinin güneyinde, Akdeniz kenarında, 34° 55' 00" - 34° 50' 30" doğu boylamları ile 36° 43' 00" - 36° 47' 30" kuzey enlemleri arasında kalmaktadır. Güneydoğudan kuzeybatıya doğru takriben dikdörtgen şeklinde uzanan 12,5 km boyunda, ortalama 1,5 km eninde ve 400x400 m boyutlarında 102 bölmeden oluşan bir kıyı kumul ağaçlandırma alanıdır (Şekil 1).

Kumulda çalışmalar başlamadan önce yapılan incelemelerde eksibelerin, rüzgâr erozyonu nedeniyle her yıl kuzeye doğru 1-5 m ilerleyerek buradaki tarım ve yerleşim alanlarını tehdit ettiği saptanmıştır. Sahanın Orman Genel Müdürlüğü'ne tahsisıyla stabilizasyon çalışmalarına 1960 yılında başlanmıştır (Anonim, 1968;1969). Alanın ağaçlandırılmasında ilk olarak okaliptüs ağırlıklı olmak üzere, fıstıkçami, kızılçam, sahilçami, Kıbrıs akasyası ve servi gibi türler kullanılmıştır. Fakat okaliptüslerde beklenen artım sağlanamamış ve 1971 yılından sonra söz konusu alanların 696 hektarlık kısmında tür değişikliğine gidilerek bozuk nitelikteki okaliptüs parselleri boşaltılmış ve yerine fıstıkçami ve sahilçami dikilmiştir.

Bu çalışmada tür değişikliğine konu edilen parsellerden olan 21, 43 ve 62 numaralı parsellerde toprak çukurları açılarak toprak örnekleri ve kılcak köklerin yoğun olduğu kısımlardan da köke yapışık agregat örnekleri alınmıştır. Çalışmanın materyalini toprak ve agregat örnekleri oluşturmaktadır.



Şekil 1. Turan Emeksiz Kıyı Kumulu ve Ağaçlandırma Sahası
Figure 1. Turan Emeksiz sand dune and plantation area.

2.2. Yöntem

Toprak çukurları ağaçların tepe tacı altında açılmış ve toprak örnekleri horizonlara göre alınmıştır. Toprak örnekleri laboratuvarında hava kurusu hale gelene kadar bekletilmiş, daha sonra 2 milimetrelük elekten geçirilmiş ve analize hazır hale getirilmiştir. Toprak örneklerinde organik madde analizi Walkley-Black'in ıslak yakma yöntemiyle (Jackson, 1967), kireç analizi Scheibler kalsimetresi ile (Allison ve Moodie, 1965) tayin edilmiştir. Mikorizal spor analizi için sporlarının izolasyonunda Gerdeman ve Nicolson (1963) tarafından geliştirilen şu yöntem kullanılmıştır: 10 g toprak 53-1000 µm gözenek çaplı eleklerde berraklaşana kadar yıkanmıştır. Ardından saf su ve %50'lik şeker çözeltisi ile santrifüj edilmiştir. Şekeri uzaklaştırmak için 53 µm'lük elekte tekrar yıkanmış, saf su yardımıyla petrolere aktarılmıştır. Sporlar stereo mikroskop altında 40 büyütmede sayılmıştır.

Mikromorfolojik analiz: Arazide köke yapışık agregatlardan alınan örnekler özel kutularla muhafaza edilerek Erciyes Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulamaları Laboratuvarında Tarama Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope-SEM) altında büyütülerek resimlenmiştir. Örnekler çift taraflı bant yardımıyla numune tutucuya yerleştirilmiştir. Daha sonra numuneler Polaron SC 7620 mini Sputter Coater yardımıyla 45 s kaplanıp 5x-300000x büyütme yapabilen bilgisayar kontrollü, dijital LEO 440 Taramalı Elektron Mikroskobuyla incelenmiştir. Taramalı elektron mikroskobu ile elde edilen görüntüler Kapur ve ark. (1985)'na göre yorumlanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Profillerde yapılan morfolojik incelemelerde, özellikle üst toprakta (Ah) yoğun saçak kökler etrafında oluşmuş agregatlar gözlemlenmiştir.

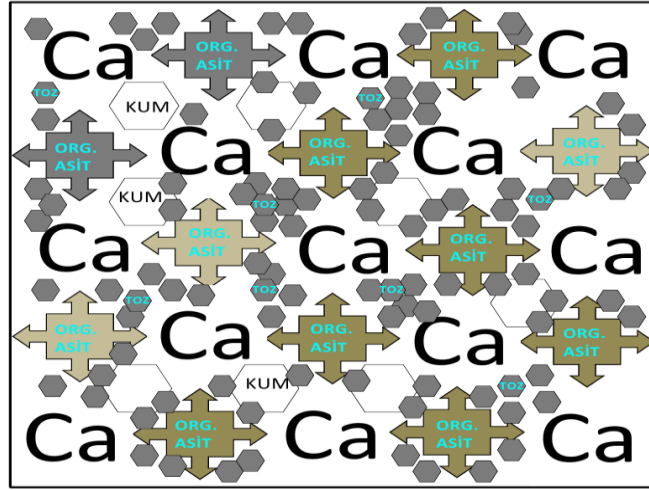
3.1. Toprakların organik madde ve kireç içeriği

En yüksek organik madde düzeyleri, organik maddenin birikim gösterdiği O katmanı altındaki en üst horizon olan Ah horizonunda saptanmıştır. Ah horizonları içerisinde organik madde ve karbon (C) düzeyleri sırasıyla, en yüksek (% 5,08 ve % 2,9) 21 numaralı parselde olup, bunu sırasıyla 43 numaralı parsel (% 4,89 ve % 2,83) ve 62 numaralı parsel (% 3,70 ve % 2,15) izlemektedir. Bw ve C horizonlarında tespit edilen organik madde ve C düzeyleri birbirine yakın değerlerdedir. Bu durum organik madde ve buna bağlı C içeriğinin bir denge düzeyine erişmiş olması ile açıklanabilir.

Kumullarda yapılan benzer çalışmalarda organik madde değerleri bu bulgularla uyumludur. Karataş (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, Doğu Akdeniz kıyı kumullarında en yüksek organik madde % 2,5 ile stabil (ölü/durgunlaşmış) kumullarda saptanmıştır. Akyatan kumulunda yapılan benzer bir çalışmada da organik madde oranları Ah horizonunda % 1,31-7,0 arasında bulunmuştur (Yaktı, 2003). Batı Anadolu'daki Fıstıkçanı ağaçlandırmalarının gelişimini inceleyen Kılıcı ve ark. (2000), üst horizonlarda organik madde oranlarını % 0,60-7,05 arasında bulmuşlardır.

Çalışılan topraklarda CaCO_3 düzeyi % 20,69-25,69 arasında olup "çok kireçli" sınıfına girmektedir. Horizonlarda kireç düzeyi üst horizontan alt horizona doğru artış göstermektedir. Bu da büyük olasılıkla kum tekstürlü topraklardaki yaygın yıkanma nedeniyledir.

Çalıştığımız alanda organik materyallerin killer ya da buna benzer geniş yüzey alanlı bileşiklere bağlanma yoluyla korunmasını sağlayacak parçacıkların az olması, buna karşılık Ca^{++} kationunun bulunuşu, organik maddenin degradasyondan korunmasında, başka mekanizmaların etkin olduğuna işaret etmektedir. Kumlu (orta ve ince kumlu) yapıdaki materyalde ayrılmış/humuslaşmış (-) değerli organik maddenin Ca^{++} ile yaptığı zincirlerin arasında bulunan boşluklarda (humus moleküllerinin boşlukları) ince kum ve toz tutulur (Şekil 2). Bu tutulma kil ve Ca^{++} zincirlerinde olan elektriksel bağlanma değildir. Humus- Ca^{++} birliklerinin büyüklüğüne bağlı olarak kumulların boyutları da değişir. Profillerimizdeki kumlu tekstüre karşın, organik materyallerin ayrışma ürünlerinin birikmesi, oluşan organik bileşiklerin birbirleriyle, toz ve ince kum boyutu parçacıkların yüzeyinde, çözülmüş/ayrışmış ve çözünme/ayrışma sonucunda oluşmuş, çözünme boşluklarında birleşerek/bağlanarak ortamda tutulduklarını göstermektedir.



Şekil 2. Organik asitler ve Ca^{++} 'un yaptığı zincirler arasında ince kum ve tozun tutulması (Prof. Dr. M. Doğan KANTARCI tarafından hazırlanmıştır.)

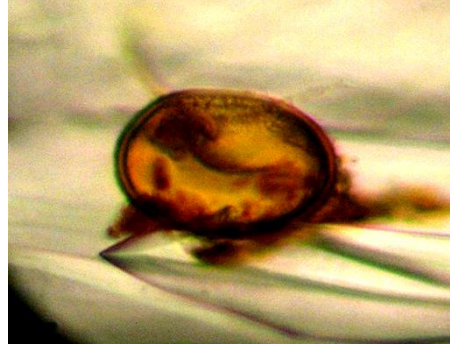
Figure 2. Keeping of fine sand and silt between the organic acids and Ca^{++} chains (illustrated by Prof. Kantarcı).

3.2. Toprakların mikorizal potansiyeli

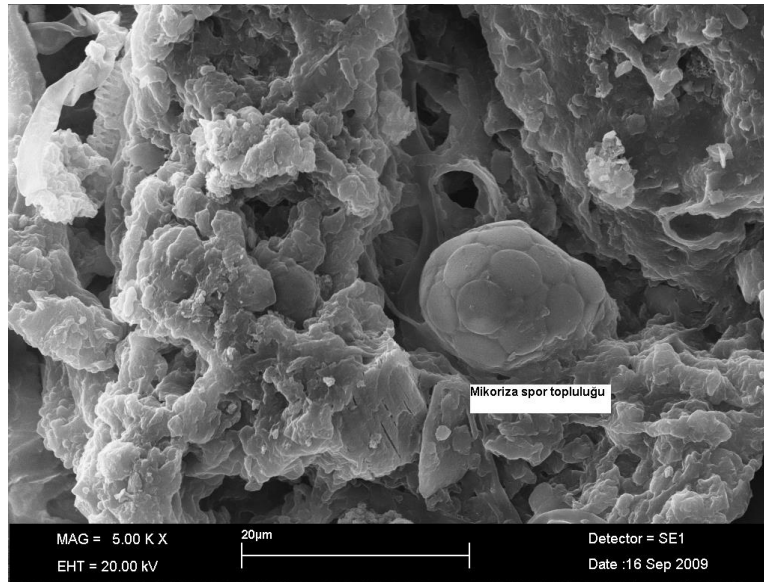
Araştırma sahasındaki otsu vejetasyona ait 20-80 adet/100 g mikoriza sporu saptanmıştır. Saptanan mikoriza, endomikoriza olarak adlandırılan arbusküler mikorizadır. Bu grup, mikorizanın en yaygın şeklidir. Enfeksiyona uğramış hücreler arbuskül olarak bilinen, kompleks dallanmış bir hif sistemi içerirler. Çalışılan topraklarda en fazla mikoriza sporu yüzey horizonlarında (Ah) 60-80 adet/100 g toprakta sayılmıştır. En düşük spor sayısı 20-25 adet/100 g toprak olarak C horizonlarında saptanmıştır. Mikoriza spor sayıları yüzey horizonundan derine gidildikçe azalmaktadır.

Spor sayısının düşük olmasının nedeni toprakların orta-düşük düzeyde alkali reaksiyonlu olmaları ve vasiküler arbusküler (VA) mikorizasının verimli ve mull tipi humuslu ve hafif asidik toprakları tercih etmesidir. Ayrıca, kumlu topraklarda yıkanmanın fazla olması ve Akdeniz iklimi etkisindeki sahada uzun süren yaz kuraklığı sonucunda toprak neminin çok düşük olması da spor sayısının düşük olmasını etkileyen diğer önemli faktörlerdir.

Çalışılan topraktaki sporların izolasyonu yapıldıktan sonra stereoskopik mikroskop altında gözlenmiş ve sporlar görüntülenmiştir (Şekil 3). Tarama Elektron Mikroskobu altında görüntülenen mikoriza spor topluluğu ise Şekil 4'te görülmektedir.

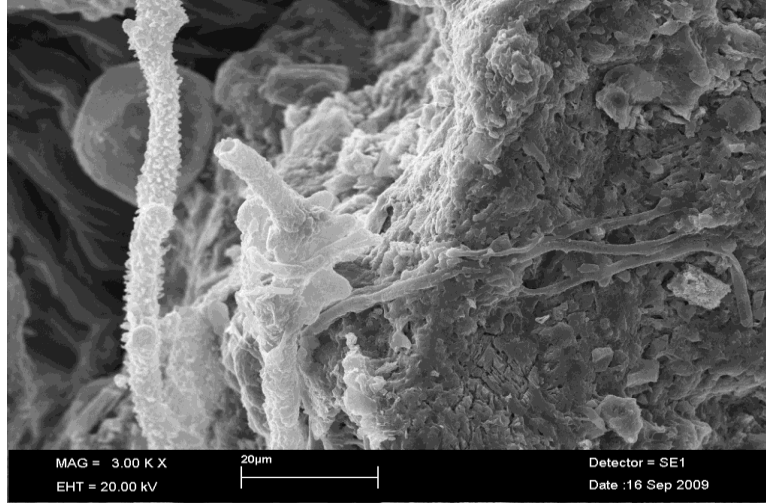


Şekil 3. Mikoriza sporu
Figure 3. Mycorrhiza spore



Şekil 4. Mikoriza spor topluluğu
Figure 4. Spores group of mycorrhizae

Yapılan bilimsel araştırmalar, bitki besin maddelerinin, bitki köklerinin yanı sıra, mikoriza olarak adlandırılan, mikroskop ile tanımlanabilen ve çok miktarda hif üreten, mantar türleri tarafından da alındığını göstermektedir (Marschner, 1995; Ortaş, 1996 ve 1997). Mikoriza mantarları çok fazla hif üreterek, bitki kök yüzey alanını artırmakta ve kökten çok uzak bölgelerdeki besin elementlerini bu hifler aracılığı ile alarak bitkinin üst organlarına taşımaktadır (Ortaş, 1997). Mikoriza ile bulaşmamış/enfekte olmamış bitkiler kök bölgesinin 1cm uzağındaki fosfordan (P) yararlanabildiği halde, mikoriza ile enfekte olmuş bitki kökleri, mantarın ipliğimsi uzantıları (hifleri) aracılığı ile kökten 11cm uzaktaki fosforu alabilmektedir (Li ve ark., 1991). Marschner (1995), mikoriza ile enfekte olmuş bitkinin aldığı fosforun % 70-80, çinkonun % 50 kadarını hifleri aracılığıyla aldığını belirlemiştir. Mikorizanın, fosfor alımı yanında azot (N) alımında da etkili olduğu [Ames ve ark., (1983)'na atfen Tüfekçi, (2007)] tarafından bildirilmiştir. Şekil 5'te mikoriza hiflerinin olası P ve N iletim kanalları görülmektedir.



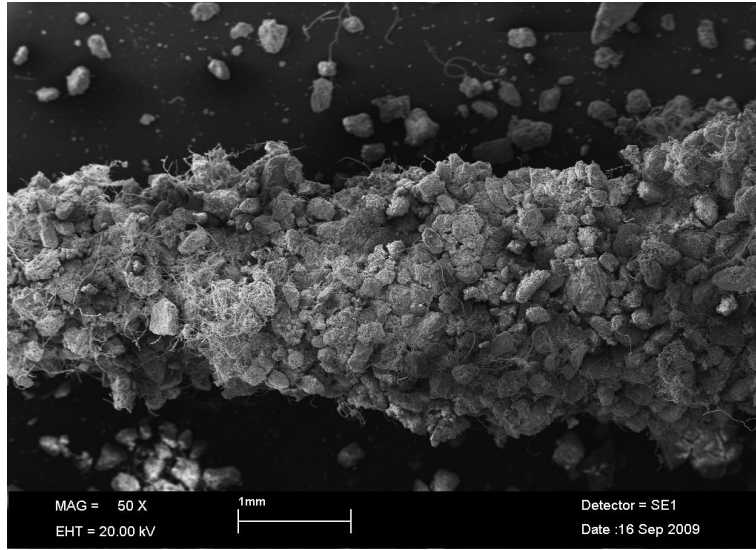
Şekil 5. Mikoriza hiflerinin P ve N iletim kanalları
Figure 5. P and N vascular bundles of mycorrhiza hyphae

Mikoriza, toprakta var olan sporları aracılığıyla ekosistemdeki bitkilerin yaklaşık % 95'inin köklerine enfekte olmaktadır (bulaşmaktadır). Mikoriza gelişmesi ve spor oluşturması toprakta organik madde birikiminin fazla olduğu tropik ormanlarda organik maddenin varlığı ile doğrudan ilgili olduğu halde, tarla topraklarında artan organik madde ile spor oluşumu arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır (Johnson ve Micheline, 1974). Mikoriza tipleri içinde en büyük grubu Arbusküler Mikorizal Funguslar (AMF) oluşturmaktadır. Bitki köklerinin yüzey alanı, AMF hifleri sayesinde genişlemekte, dolayısıyla bitkinin bulunduğu topraktan daha fazla yararlanması sağlanmaktadır. Bitkinin tuzlu ve kurak koşullara, ağır metal toksisitesine ve sıcaklık stresine karşı dayanıklılığını arttırmakta, bitkinin büyümeyi teşvik edici maddeler (hormonlar) salgılamasını sağlamaktadırlar. Bu hifler toprağı yumak gibi sararak agregat yapısını iyileştirmekte, salgıladıkları enzimler ile toprak strüktürünün daha iyi oluşmasına katkıda bulunmakta ve toprak erozyonundan dolayı olan kayıpları da engellemektedirler (Tisdall, 1994; Palta ve ark., 2010).

Bitki beslenmesinde büyük rolü olan mikorizanın aynı zamanda agregatlaşma üzerinde de etkili olduğu özellikle mikromorfolojik gözlemlerle saptanmıştır.

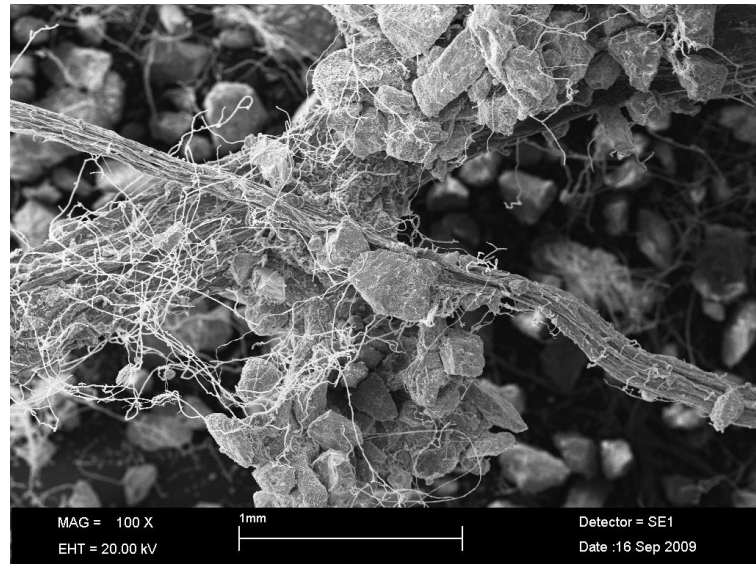
3.3. Toprakta agregatlaşma

Yaptığımız çalışmada toprakta agregatlaşmanın daha iyi gözlemlenebilmesi için profillerden alınan agregat örnekleri tarama elektron mikroskobu altında yüksek büyütmelemlerle mikromorfolojik olarak incelenmiştir. Elde edilen bulgular kumda agregatlaşma üzerinde organik madde, CaCO₃ ve mikoriza hiflerinin etkisini göstermektedir. Toprak strüktürünün sağlamlığı ve devamlılığı, başta alüminyum oksit ve demir oksitler, CaCO₃ vb. yapıştırıcı etkiye sahip çeşitli maddelerce artırılır. Organik maddeler üst toprakta agregatların stabilitesi üzerinde kuvvetli bir etkiye sahiptir. Organik madde, topraklarda agregat strüktürünün oluşmasını ve bunun dayanımlılığını sağlar (Schachtschabel ve ark., 2001). Humik asitlerin topraktaki etkileri oldukça önemlidir. Bu bağlamda, kumlu toprakların kum boyutu parçacıkları bir yapı (agregatlaşma) oluşturamadıkları ve bu topraklarda bitki besin maddelerinin tutunmasının güç olması nedeniyle, topraktan infiltre olan suyla birlikte kolayca yıkanmaktadır. Humik asitleri içeren humin maddeleri molekülleri topraktaki bitki besin maddelerini tutarak yıkanmasını önler ve bitkinin bundan daha kolay yararlanmasını, toprakta suyun tutulmasını ve agregatlaşmayı sağlarlar. Şekil 6' da ince kum ve toz parçacıklarının organik madde ile oluşturduğu agregat görülmektedir.



Şekil 6. İnce kum ve toz parçacıklarının organik madde ile oluşturduğu agregat
Figure 6. Aggregation of fine sand and silt fragments with organic material

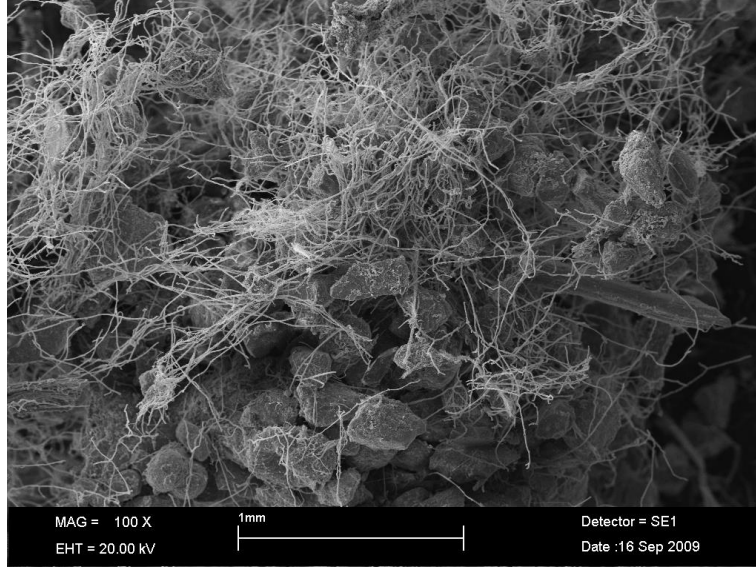
Vejetasyon artıkları ile toprağa ulaşan organik maddeler, mikrobiyel etkinliği artırarak dolaylı olarak agregat oluşumunu kolaylaştırırlar. Bu esnada mikrobiyel parçalanmanın ara ürünleri ve mikroorganizmaların metabolizma ürünleri (sümsü maddeler) olarak ortaya çıkan organik bileşikler (polisakkaridler ve poliuronidler) organik parçacıkları birbirine yapıştırma özelliğine sahiptir. Mantar miselleri, bakteri kolonileri ve kılcal kökler de agregatlaştırıcı etkiye sahiptir (Schachtschabel ve ark., 2001). Şekil 7’de ayrılmış ve yalnızca lignin lifleri kalmış, bir kök parçacığı ve çevresindeki mikoriza hiflerinin çeşitli boyuttaki kum ve toz boyutu parçacıkları agregatlaşması görülmektedir.



Şekil 7. Mikoriza hiflerinin ince kum ve toz parçacıklarını agregatlaşması
Figure 7. Aggregation of the fine sand and silt fragments by mycorrhiza hyphae

Mikoriza hifleri, çalışma alanındaki kumlu topraklarda başta kum ve düşük düzeyde toz ile kil boyutu parçacıkların, salgıladıkları organik kökenli bileşiklerle büyük olasılıkla bir araya gelip agregatlaşmalarını sağlamaktadırlar. Farklı kum boyutu parçacıkların agregatlaşması, büyük olasılıkla mikoriza aktiviteleri sonucunda salgılanan organik bileşiklerce gerçekleşmiştir. Şekil 8’de yoğun mikoriza hiflerinin çeşitli boyuttaki kum ve toz parçacıklarını agregatlaşması görülmektedir. Agregatlaşmanın yüksek olmasının kumul sahadaki toprağın fiziksel ve kimyasal kalitesi üzerine olumlu etki yapacağı ise bilinen bir gerçektir.

Mikoriza etkisiyle agregatlaşma artışı Yaktı (2003) tarafından da Adana Akyatan Kumulunda ortaya konulmuştur.



Şekil 8. Mikoriza hiflerinin ince kum ve toz parçacıklarını sararak agregat oluşturması.
Figure 8. Aggregation of fine sand and silt fragments were enveloped by mycorrhiza hyphae.

4. Sonuç

Tek tane strüktüre sahip kumlu topraklar bitki örtüsünden yoksun olduklarında özellikle rüzgâr erozyonu ile taşınmakta ve Tarsus Ortakuluk mevkinde olduğu gibi civarı için büyük tehditler oluşturabilmektedir. Kumulların stabilizasyonu için yapılan çalışmalar rüzgar erozyonunu durdurmakta ve bitki örtüsü ile kaplanan kumul toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinde olumlu değişimler olmaktadır.

Çalıştığımız alanda organik materyallerin killer ya da buna benzer geniş yüzey alanlı bileşiklere bağlanma yoluyla korunmasını sağlayacak parçacıkların az olması, buna karşılık Ca^{++} kationunun bulunması, organik maddenin degradasyondan korunmasında, başka mekanizmaların etkin olduğuna işaret etmektedir. Kumlu yapıdaki materyalde ayrılmış/humuslaşmış (-) değerli organik maddenin Ca^{++} ile yaptığı zincirlerin arasında bulunan boşluklarda ince kum ve toz tutularak humus- Ca^{++} birliklerinin büyüklüğüne bağlı olarak farklı boyutlarda agregatlar oluşturmaktadır.

Profillerimizdeki kumlu tekstüre karşın, organik materyallerin ayrışma ürünlerinin birikmesi, oluşan organik bileşiklerin birbirleriyle, toz ve ince kum boyutu parçacıkların yüzeyinde, çözülmüş/ayrışmış ve çözüme/ayrışma sonucunda oluşmuş, çözüme boşluklarında (dissolution cavities) birleşerek/bağlanarak ortamda tutulduklarını göstermektedir.

1960'lı yıllarda başlayan çalışmalarla kumulda kurulan Turan Emeksiz Ormanı'nda yapılan ağaçlandırmaların toprak agregatlaşmasına etkilerinin incelendiği bu çalışmada; toprakta biriken organik maddenin, humus- Ca^{++} birliklerinin ve mikoriza hiflerinin agregatlaşmaya olumlu katkı sağladığı belirlenmiştir. Agregatlaşmada büyük önem taşıyan organik madde miktarı % 2,90-5,08 arasındadır. Yapılan mikromorfolojik çalışmalar, ayrılmış organik maddenin ve özellikle mikoriza hiflerinin çalışma alanındaki kumlu topraklarda kum ve toz boyutu parçacıkları büyük olasılıkla salgıladıkları organik kökenli bileşiklerle bir araya getirip agregatlaşmalarını sağladığını göstermektedir. Bu bağlamda kumul arazilerde yüksek düzeyde organik artıktan biriken ve mikoriza ile birlikte yaşayacak türlerin yaygınlaştırılması özellikle kumul stabilizasyonu ve agregatlaşma için önem taşımaktadır.

Kaynaklar

- Allison, L. E. and Moodie, C. D., 1965. Carbonate. In: Black, C. A. (Ed.) Methods of Soil Analysis: Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, Madison, WI, U.S.A. 1379-1396.
- Anonim, 1968. Turan Emeksiz Ormanı için Ön Etüt Raporu, Mersin.
- Anonim, 1969. Tarsus Okaliptüs Araştırma İstasyonu Güresin Okaliptüs Ormanı, Turan Emeksiz Ağaçlandırma Çalışmaları, Rapor, Mersin.
- Demiralay, İ., 1982. Erzurum Ovasındaki Bazı Doğal Çayır Alanları Topraklarının Agregasyon Durumu, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 13 (1-2):3-21.
- Dinç, U., Sarı, M., Şenol, S., Kapur, S., Sayın, M., Derici, R., Çavuşgil, V., Gök, M., Aydın, M., Ekinci, H., Ağca, N., 1989. Çukurova Bölgesi Toprakları, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yardımcı Ders Kitabı No:25, Adana.
- Dinç, U., Kapur, S., Özbek, H., Şenol, S., 1995. Toprak Genesisi ve Sınıflandırılması. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No:130, Adana.
- Gerdemann, J.W., Nicolson, T.H., 1963. Spores of mycorrhizal endogenous species extracted from soil by wet sieving and decanting, *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, 46: 235-244.
- Jackson, M. L., 1967. Soil Chemical Analysis, Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, N.J. USA.
- Johnson, J. R., Michelini, S., 1974. Effect of mycorrhizae on container grown acacia. Proc. of The Florida State Hort. 87:520-522.
- Kantarıcı, M. D., 2000. Toprak İlmi Ders Kitabı (2.baskı), İ.Ü. Yayın No: 4261, Orman Fakültesi Yayın No: 462, (XII+420), Çantay Basımevi, ISBN: 975-505-588 -7, İstanbul.
- Kapur, S., İnce, F., Çavuşgil, V., 1985. Toprak Mikromorfolojisi, Dicle Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Yayın No: 9, Diyarbakır.
- Karataş, Ç., 2004. Doğu Akdeniz kıyı kumul ekosistemindeki bitki süksesyonu ile mikoriza arasındaki ilişkiler üzerine bir çalışma, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Kılıcı, M., Sayman, M., Akbin, G., 2000. Batı Anadolu'da Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.)'nın Gelişmesini Etkileyen Faktörler, Orman Bakanlığı Yayın No: 115, İzmir Orman Toprak Laboratuvarı Yayın No: 09, İzmir.
- Li, X. L., Marschner, H., George, E., 1991. Phosphorus depletion and pH decrease at the root-soil and hypha-soil interfaces of VA mycorrhizal white clover fertilized with ammonium. *New Phytologist* (119):397-404.
- Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Plants, 2nd ed., Academic Press, London, UK.
- Oakes, H., 1958. Türkiye Toprakları, Türk Yüksek Ziraat Mühendisleri Birliği Neşriyatı, Sayı:18, Ege Üniversitesi Matbaası, İzmir.
- Okur, M., 2010: Tarihsel Orta Anadolu arazi kullanım dokusundaki mera bitkilerinin toprak kalitesine etkileri, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Arkeometri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.

Ortaş, İ., 1996. The influence of use of different rates of mycorrhizal inoculum on root infection, plant growth and phosphorus uptake. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 27(18-20): 2935-2946.

Ortaş, İ., 1997. Kök Bölgesi Ekosistemi (Rizosfer Biyolojisi), Ders Notları, Adana.

Özbek, H., Kaya Z., Gök, M., Kaptan, H., 1993. Toprak Bilimi, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın no: 73, Ders Kitapları Yayın No: A-16, Adana.

Palta, Ş., Demir, S., Şengönül, K., Kara, Ö., Şensoy, H., 2010. Arbüsküler mikorizal funguslar (AMF), bitki ve toprakla ilişkileri, mera ıslahındaki önemleri, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 12(18):87-98.

Sağlam, T., M., Cangir, C., Bahtiyar, M., Tok, H., H., 1993. Toprak Bilimi, Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü. Tekirdağ.

Schachtschabel, P., Blume, P., H., Brümmer, G., Hartge, H., K., Schwertmann, U., 2001., Toprak Bilimi, (Çevirenler: Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M., Kaptan, H.), Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:73, Ders Kitapları Yayın No: A-16, Adana.

Tisdall, J.M., 1994. Possible role of soil microorganisms in aggregation in soils. *Plant and Soil*, 159 (1): 115-123.

Tüfekçi, S., 2007. Doğal populasyonlardaki Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) mikorizasının izole edilmesi ve çoğaltılıp fidan üretiminde kullanılması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.

Uslu, T., 1993. Türkiye’de kıyı kumul ağaçlandırma politikası: Çevre açısından durum, 14. Jeomorfoloji Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Bildiri Özetleri, Ankara.

Yaktı, S., 2003. Akyatan kumul plantasyonunun toprak oluşumuna olası etkilerinin araştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.

Yılmaz, E., 2002. Değişik kökenli organik materyallerin toprakta agregat oluşumu ve stabilitesi üzerine etkileri, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Toprak Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Antalya.