

## TOPRAKTA AGREGAT OLUŞUMU VE STABİLİTESİ

Erdem YILMAZ<sup>1</sup>

Zeki ALAGÖZ<sup>1</sup>

Filiz ÖKTÜREN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Antalya

### ÖZET

Topraklar yapısal olarak çeşitlilik gösterirler ve bu çeşitlilik topraklardaki değişik faktörler tarafından meydana getirilmektedir. Toprakların kil tipi ve miktarı, toprak organik maddesi, toprakların kireç ( $\text{CaCO}_3$ ) içeriği, katyon değişim kapasitesi, kolloidal demir ve alüminyum oksitler, mikroorganizmalar, ıslanma-kuruma, donma-çözülme olayları ve toprak işleme bu yapısal çeşitliliği meydana getiren başlıca unsurlardır. Bu unsurların toprakların yapısal değişimi üzerine etkileri ise birbirinden farklı olmaktadır.

Bu derlemede toprakların yapısal gelişiminde bir indikatör olan agregatlaşma ve agregat stabilitesi üzerine etki eden bazı toprak özelliklerinin ve çevresel faktörlerin etkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Organik Madde, Agregat Oluşumu, Agregat Stabilitesi

### AGGREGATE FORMATION AND STABILITY IN SOIL

#### ABSTRACT

Soils show differences in structural formation, and these structural differences are induced by different factors. Soil clay variety and amounts,  $\text{CaCO}_3$  contents, cation exchange capacity, colloidal iron and aluminiumoxides, microorganisms, wetting-drying, freezing-thawing and soil cultivation are the main factors in the formation of the soil structure. Furthermore effects of these factors on the structural formation of soils are quite different from each other.

The aim of this review was to determine the effects of some soil properties and environmental factors on aggregation and aggregate stability as an indicator for structural development of soils.

**Key Words:** Organic Matter, Aggregate Formation, Aggregate Stability

### GİRİŞ

Dünya çapında yaşanan teknolojik gelişmeler tarımsal alanda da kendini hissettirmektedir. Yaşanan bu gelişmeler insanlığın beslenmesi için gerekli ürünü sağlamada etkili ve kaliteli yöntemlerin uygulanmasına olanak tanımaktadır. Bununla birlikte hızla artan dünya nüfusuna paralel olarak ürün talebini karşılamada her ne kadar yeni tekniklerle yapılan üretim stratejisi cevap vermeye çalışıyorsa da yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle yeni üretim teknikleri kullanılarak yapılan tarımsal faaliyetlerin yanında temel yetiştirme ortamı olarak kullanılan toprağın sürdürülebilir ve etkin bir biçimde kullanılma zorunluluğu bulunmaktadır. Teknolojik gelişmelerin insan yaşamına kattığı olumlu etkilerinin yanında bazı olumsuz etkilerinin de bulunduğu bilinmektedir. Son zamanlarda bitkisel üretim faaliyetlerinde yoğun bir şekilde kullanılan kimyasal girdiler toprakta bir çok olumsuz koşulların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Hem insan sağlığı açısından hem de toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozulmasının önlenmesi ayrıca çevresel korunumun sağlanması açısından toprakların yapısal özelliklerinin geliştirilmesi ayrı bir önem kazanmaktadır.

#### Agregatlaşma ve Agregat Stabilitesi

Agregatlaşma, çeşitli faktörlerin etkisi ile topraktaki teksel taneciklerin bir araya gelerek gruplar oluşurması olarak tanımlanmaktadır (Şekil 1). Agregasyon olayı zaman içerisinde değişim gösterebilmekte ve bu değişim bir yıl veya bir gözlem süresi içinde meydana gelebilmektedir. Oluşan agregatlar periyodik olarak parçalanabilmekte ve tekrar oluşabilmektedir (Hillel, 1982).

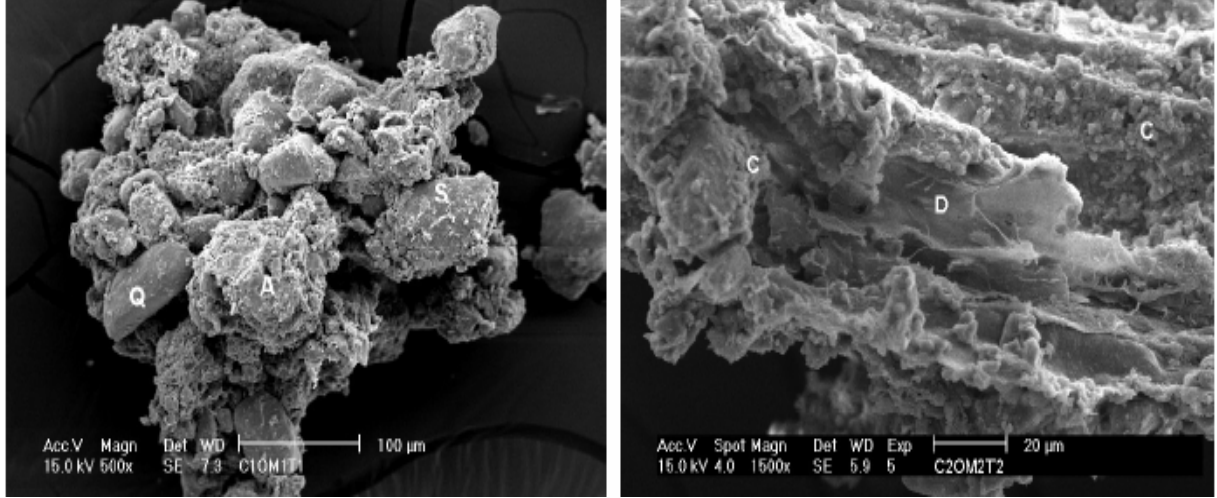
Oades (1984), iyi bir toprak yapısını killi ve tınlı topraklarda bitkiye yararlı suyun depo edilmesi için gerekli yeteri kadar porların bulunması ile tanım-

lamaktadır. Belirtilen porlardan oluşmuş parçacık büyüklüğünün por ve parçacık çapı ile bağlantılı olduğunu, arzu edilebilir por büyüklüğü sınırının mikro agregatlar içerisinde floküle olmuş kil fraksiyonunda ve toprak işleme derinliğinde oluştuğunu belirtmektedir. Ayrıca toprak yapısının doğal yada işlemeyle meydana getirildiği için ıslanmanın neden olduğu bozulmaya karşı önlem almada toprakların stabil olması gerekliliğini vurgulamaktadır. Eşit olmayan şişme ve toprakta sıkışmış havadan dolayı makro agregatların ıslandığında dağıldığını belirtmektedir. Mikro agregatlar içerisindeki dağılmanın ise kil parçalarının birleşmiş veya birleşmemiş olmasına bağlı olarak partikül büyüklüğü, biçimi, gruplaşması ve enerji girişini kapsadığını belirtmiştir. Topraklardaki bu dağılmanın infiltrasyonun azalması, yüzey akışının veya sulama suyunun oranını etkileyen bir problem olarak görüldüğünü bildirmektedir.

Toprakta agregasyon ve strüktür stabilitesi, toprakların verimlilik potansiyellerini etkileyen iki önemli özellik olarak karşımıza çıkmaktadır. Topraktaki agregatlaşma, tohum-toprak arasındaki ilişki, hidrolik iletkenlik, kök gelişimi ve solunumu, toprakta gaz değişimi ve sonuçta bitkinin gelişimi açısından önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca suya dayanıklı agregat miktarının fazla olması toprak bozulmasındaki ana etkenlerden biri olan toprak erozyonunu engellemektedir (Dinel ve ark., 1991).

Toprak agregatları genelde makro agregatlar ( $> 250 \mu\text{m}$ ) ve mikro agregatlar ( $< 250 \mu\text{m}$ ) olmak üzere iki sınıfta incelenmektedir. Mikro agregatlar primer toprak taneciklerinden ve daha küçük mikro agregatların birleşiminden oluşmaktadır. Mikro agregatların oluşumunda yer alan birleştirici faktörler şunlardır;

- a) Humifiye olmuş organik materyal (organik polimerler)  
 b) Çok değerlikli metallere ve katyonlar  
 c) Bitki kökü veya mantari hifler  
 d) Polisakkaritler  
 e) Bitkisel veya mikrobiyal atıklar  
 f) Amorf demir ve alüminyum oksitlerdir.



**Şekil 1.** Toprakta makro agregat oluşumunun elektron mikroskopundaki görünümü. A= Kil mikro agregatı; Q=Kuvartz S= Kum C= Kil D= Bitki atığı (Wagner ve ark., 2000).

Makro agregatlar ise mikro agregatların bir araya gelmesinden oluşmaktadır ve bu boyuta sahip agregatları birleştirici faktörler ise,

- a) Mantari hifler  
 b) Kök fibrilleri  
 c) Polisakkaritler  
 d) Demir ve alüminyum oksitler (%10 dan daha fazla içeren topraklarda) olarak sınıflandırılmaktadır (Anonymous, 2003).

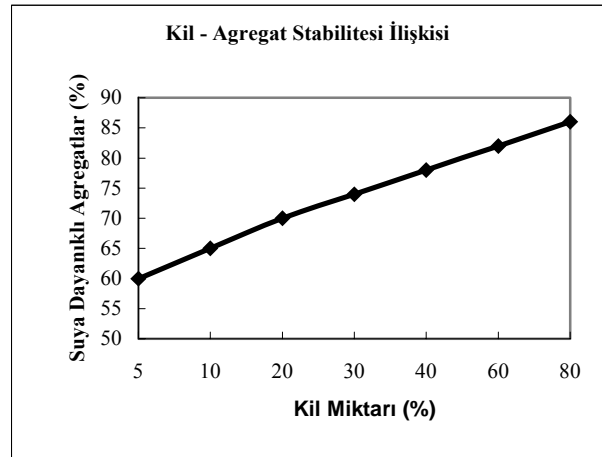
Su; agregatların yapısını bozan çeşitli güçler arasında en önemlisidir. Toprakta suya karşı belirli bir direnç gösterebilen agregatlara stabil agregatlar denir. Genelde stabil agregat yüzdesinin artışı ile toprakların erozyona karşı olan yatkinlıkları azalmaktadır (Tate, 1995).

Stabil olmayan hava kuru bir agregat hızla ıslatıldığında küçük ünitelere parçalanmaktadır. Toprakların çok geniş düzeylerde şişmesi ve kapillar boşluklarda sıkışan havanın yaptığı basınç ile bu basınca yeteri kadar direnci olmayan agregatlar yüksek değerlerde parçalanma göstermektedir. Agregatların parçalanması kuruma ve aniden ıslanma gibi olaylardan daha sık etkilenmesi nedeniyle genelde üst katmanda meydana gelmektedir (Oades ve Tisdall, 1982).

Topraklarda agregat oluşum ve stabilitesini etkileyen etmenler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır;

- a) Toprak tekstürü  
 b) Organik madde  
 c) Kalsiyum karbonat  
 d) Alüminyum ve demir oksitler  
 e) Mikrobiyal faaliyetler  
 f) Toprak işleme  
 g) Islanma ve kuruma olayları  
 h) Donma ve çözülme olayları

Kilin cinsi ve miktarı toprakta agregat oluşumu ve stabilitesi üzerine önemli etki yapmaktadır. Topraklarda agregat stabilitesinde sağlanacak daha güçlü bir etki düşük miktarda da olsa genellikle kil içeriği ile meydana gelmektedir. Genellikle kil artışı ile birlikte agregat stabilitesinde de bir artış gözlenmektedir. Belirli bir düzeyden sonraki kil içeriğindeki artışlar agregat stabilitesi üzerine düşük düzeyde etki göstermektedir (Şekil 2). Yüksek yüzey alanına sahip olan killer (montmorrollionit) yüzey alanı düşük olan killerle (kaolinit) karşılaştırıldığında agregat oluşumunda daha yüksek değer meydana getirdiği belirtilmektedir (Anonymous, 2003).



**Şekil 2.** Toprakların Kil İçeriği İle Agregat Stabilitesi Arasındaki İlişki (Anonymous, 2003).

Wagner ve ark., (2000) tarafından yapılan bir çalışmada, değişik tekstüre sahip topraklara (%23, %30, %34 ve %37 kil içeriğine sahip topraklar) farklı düzeylerde organik madde uygulaması ile bu topraklardaki agregatlaşma ve agregatların stabilitesi incelen-

miştir. Çalışmada toprağın agregat stabilitesi ile toplam organik maddesi ve kil içeriği arasında pozitif yönde bir ilişkinin olduğu, yapılan organik madde ilaveleri ile topraktaki agregasyonun ilerlediği özellikle % 34 ve % 37 kil içeren toprağa yapılan ilavelerle agregasyonun daha fazla arttığı belirlenmiştir.

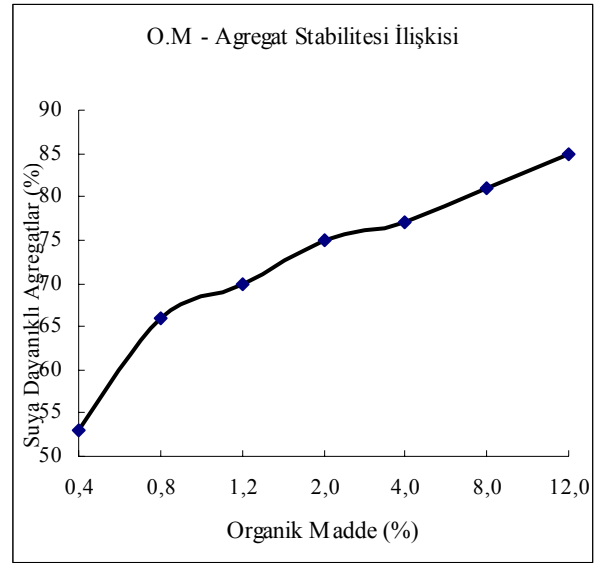
Organik madde toprağın üst kısmında agregat oluşum ve stabilitesi üzerine kuvvetli bir etkiye sahiptir. Bu durum stabil agregatların toprağın diğer kısımlarına oranla daha yüksek karbon içeriğine sahip olması ile açıklanmaktadır. Ayrıca uzun süreli organik gübreleme ile büyük agregatların (> 0.5mm) oranı artmaktadır (Özbek ve ark., 1993).

Ünal ve Başkaya (1981), yapılmış olan bir çok araştırmada organik bileşiklerin topraktaki kil mineralleri ile birleşebildiklerini ve bu organik bileşiklerin alkoller, şekerler, aminoasitler, aminler, proteinler, enzimler, benzol, fenol vb. gibi bileşikler sayılabileceğini söylemişlerdir. Humin maddelerin topraktaki kil mineralleri ve oksitlerle bileşik oluşturabileceği, organik katyonlardan aminler, amino şekerleri ve amino asitlerinin izoelektrik noktanın altında daha çok işlev gördüğü bildirilmiştir. Bu bileşenlerin, değişebilir anorganik katyonların tabaka yüzeylerine ve genişleyebilir kil minerallerinde tabakalar arasına bağlandığını, küçük organik katyonların normal değişim ile yerleştiğini ve değişebilirlik karakterlerini muhafaza ettiğini söylemişlerdir. Buna karşılık büyük organik katyonların iyon değişiminin kurallarına uymadığını belirtmişlerdir. Organik anyonların (örneğin karboksil asitler, nüklein asitleri, izoelektrik noktanın üzerindeki amino asitler, fulvo asitleri, humin asitleri ve sentetik agregat stabilizatörleri gibi) bağlanmalarının kil minerallerinin yan yüzeylerinde bulunan pozitif yükler vasıtasıyla olduğunu, diğer bir bağlantı şeklinin ise, H<sub>2</sub>O molekülleri ve bir çok iyonize olmamış organik bileşikler ile kil minerallerinin tetraeder tabakalarındaki oksijen atomları ve H- köprüsü şeklinde gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Polimerlerin büyüklüklerinin artmasıyla adsorpsiyon enerjisinde görülen artış ile adsorpsiyon olayı esnasında spesifik olmayan Van der Waals kuvvetinin öneminin ortaya çıktığı, bu kuvvetlerin adsorbe olmuş polimerler ile üst yüzey arasındaki her dokunma noktası için geçerli olduğu söylenmektedir. Organik maddeler küresel yapılarda oluşmuş değilse, uzun dallanma gösteren, yüksek fleksibiliteye sahip ve fazla miktarda reaksiyona girebilen gruplar ihtiva eden molekül zincirlerinden ibaret iseler bu durumda kuvvetli bir bağlanmanın söz konusu olduğu belirtilmiştir. Bununla beraber, organomineral bileşiklerin toprak için öneminin, topraktaki kil minerallerine bağlı organik maddenin mikrobiyal parçalanmaya karşı direncinin artmış olması ve dolayısıyla toprakta organik maddeye bağlı ve gerekli bütün faydalı özelliklerin daha elverişli şartlar kazanması (örneğin agregat stabilitesinin oluşması ve devamlılığı) ile doğrudan doğruya ilgili olduğunu belirtmişlerdir.

Agregat stabilitesi genellikle toprakların organik madde miktarının artışına paralel olarak artmasına rağmen organik maddedeki artış % 2' yi geçtiğinde stabilite değerlerinde fark edilir bir artış meydana gelmemektedir (Şekil 3) (Anonymous, 2003).

Sağlam vd (1993) tarafından, çeşitli topraklarda organik karbon içeriği ile 0.5 mm'den daha büyük agregatlar arasında önemli bir ilişki bulunduğu ve organik maddenin daha çok iri agregatların oluşmasını teşvik ettiği ortaya konulmuştur. Ayrıca stabil agregatların karbon içeriğinin toprağın diğer kısımlarında bulunan karbon içeriğinden daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Canpolat ve Demiralay (1995), toprağa organik materyal ilave edilmesinin toprağın agregat stabilitesi üzerine etkisini belirlemek amacı ile Batı Iğdır ovasından alınan dört adet yüzey toprak örneğine (0-10 cm) organik materyal olarak çiftlik gübresi ve buğday samanını beş farklı düzeyde ilave ederek araştırmışlardır. Altı haftalık bir inkübasyon sonunda ilave edilen organik madde miktarı arttıkça agregat stabilitesinde önemli derecede artışlar kaydedildiğini bildirmişlerdir. Deneme topraklarının agregat stabilitesinde sağlanan artışların çiftlik gübresine nazaran buğday samanı ilaveli topraklarda daha belirgin olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 3. Toprak Organik Madde İçeriği İle Agregat Stabilitesi Arasındaki İlişki (Anonymous, 2003).

Grandy ve ark., (2002) tarafından, tın bünyeye sahip toprağa farklı dönemlerde uygulanan organik maddenin topraktaki C, N ve agregasyon değişimi üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Uygulamada 22 Mg/ha kompost ve 45 Mg/ha sığır gübresi kullanılmıştır. Çalışmada kontrol örnekle karşılaştırıldığında organik madde uygulamaları ile uygulamanın ilk yılında total C içeriği üzerinde olumlu bir etki gözlenmez iken ikinci yılda % 28 oranında bir artış gözlenmiştir. Büyük boyuta sahip (2 - 6.5 mm) stabil

agregatların uygulamanın hem birinci hem de ikinci yılında, orta boyuta sahip (1-2 mm) stabil agregatların ise uygulamanın yalnızca ikinci yılında artış gösterdiği belirlenmiştir.

Demiralay (1992), Alparslan tarım işletmesinin aluviyal orijinli topraklarında yaptıkları bir çalışmada hava kurusu toprak ağırlığı esas alınarak % 0, % 1, % 2, ve % 4 düzeyinde arpa samanı ve korunga sapı kullanarak işletmedeki kil içerikli toprakların agregat stabilitesini ne düzeyde etkileyeceğini incelemişlerdir. Uygulamadan sonra ıslak eleme yapılarak agregatların ıslanmaya karşı stabilitesini ölçmüşlerdir. Deneme sonucunda ise, toprağa ilave edilen organik materyalin miktarı arttıkça agregat stabilitesinin de arttığını bildirmişlerdir. Toprağa % 4 düzeyinde ilave edilen arpa samanının agregat stabilitesini % 55.6'dan % 83.2'ye ve korunga sapında % 81.2'ye yükselttiğini tespit etmişlerdir. Organik materyalin etkisinin, ilave edilen miktar artarken başlangıçta büyük ve gittikçe azalan değerlerde olduğunu, her % 1 organik materyal ilavesinin agregat stabilitesi yüzdesinde ortalama yaklaşık 7 birimlik bir artışa neden olduğunu belirtmişlerdir.

Demiralay (1982) yaptıkları bir çalışmada, üç çayırılık alandan alınan (0-20 cm) toprak örneklerindeki agregat değişimini incelediğini, yapılan incelemeler sonucunda toprak örneklerinin ıslanmaya karşı stabilitesinin % 75 ile % 45 arasında ve ıslanma+mekaniksel etkilenmeye karşı stabilitesinin ise % 65 ile % 33 arasında değiştiğini belirtmiştir. Mekaniksel etkinin ıslanma stabilitesine nazaran stabilitede % 13 ile % 23 arasında değişen azalmaya sebep olduğu, çalışmadaki agregat stabilize değerlendirmesinin kumlu kil <siltli tın <killi tın bünyeye sahip toprak olarak yapıldığını bildirmiştir.

Agregat stabilitesi doğal organik bileşenlerin yanında sentetik organik bileşiklerle de meydana gelebilmektedir. Bu bileşikler reaksiyon yeteneğine sahip gruplar (COOH, NH<sub>2</sub>) sayesinde mikroorganizmalarca oluşturulan poliuronoidler ve polisakkaritler gibi mineral tanecikleri benzer şekilde birbirine yapıştırabilirler. Stabilizasyon amacıyla kullanılan bir çok bileşik arasında poliakril asidi ve polivinil asidinin türevleri tanınmıştır. Sentetik stabilizatörler hazırlanmış bir tohum yatağının korunmasında ve kumullar gibi erozyon tehlikesine maruz kalan toprak yüzeylerinin sağlamlaştırılmasında uygulanmaktadır (Özbek ve ark., 1993).

Demiralay (1992), asrımızın ikinci yarısının başlangıcından beri yapay organik polimerlerin yapıldığını düzeltici olarak önerildiğini ve kullanıldığını bildirmiştir. Bunların genellikle stabil agregatların oluşmasını, toprak havalanmasını ve suyun infiltre olmasını arttırmakla beraber kabuk oluşumunu önlediğini, topraktan buharlaşma yolu ile meydana gelen su kayıplarını azalttığını, tuzlu ve alkali toprakların ıslahında etkili olduğunu, yüzey akışı ve dolayısıyla su erozyonunu azalttığını söylemiştir. Ancak bu organik polimerlerin mikrobiyal parçalanmaya kısa sürede

uğradıkları için uzun ömürlü ve çoğu zamanda ekonomik olmadığını belirtmiştir.

Hendrick ve Mowry, floküle ettirici veya yapıştırıcı olarak ilave edilen organik materyallerin vinilasetat maleik asit polimeri (VAMA) ve hidrolize poliakrilonitril (HPAN), Stefanson polivinilalkol (PVA), De Boot poliakrilamid ve bitüm olduğunu söylemişlerdir. Hilel ve Berliner, toprak yüzeyinde bir hidrofobik agregat tabakasının meydana getirilmesinin toprağın doğal "toprak malçı" eğilimini arttırmaya hizmet edebilecek bir işlem olarak düşünmekte ve böyle bir yüzey tabakasının bir bakıma çakıl tabakası gibi işlev gördüğünü belirtmektedirler (Demiralay 1977).

Belirli organik madde fraksiyonlarının polisakkaritler, poliuronoidler gibi, bunların orijinleri ne olursa olsun (hayvansal veya bitkisel) agregatların stabilize edilmesinde başlıca rol oynadıkları yapılan bir çok çalışmayla desteklenmiştir. Alginateler bakteriyel poliuronoidlere benzemekte ve belirli selüloz bileşenleri olan, selüloz asetat, selüloz metil eter, metil selüloz, kroksi metil hidroksi metil selüloz gibi doğal polisakkaritlerde bulunan maddelerin strüktürü geliştirici olarak kullanıldığı belirtilmektedir. Ancak bu materyallerin toprak mikroorganizmaları tarafından parçalanmaya maruz bırakılmasından dolayı topraktaki yapısal değişime olan eğilimlerinin kısa süreli olduğu bildirilmiştir (Demiralay 1970).

Black ve arkadaşları katyonik polimerlerin kil mineralleri üzerindeki negatif elektrostatik yük dengesini sağladığını ve böylece koagüle edici özellik taşıdığını belirtmiştir. Veda ve Harada ise polimerlerin hızlı absorpsiyon yeteneklerinden ve kil minerallerine olan yüksek eğiliminden dolayı yalnızca sınırlı düzeyde partiküller arası birleştirmeyi başarabildiğini belirtmiştir. Yine aynı araştırmacılar polimer moleküllerinin agregat boşlukları arasındaki hareketinin ve bu moleküllerin penetrasyonunun toprak düzenleyicilerin agregatları stabilize etmedeki performanslarını tanımlamada önemli bir faktör olduğunu söylemişlerdir. Bu hipotez Malik ve Letey tarafından toprak tanecik büyüklüğünün poliakrilamid ve polisakkarit adsorpsiyonu üzerine etkilerini tespit etmek için yaptıkları çalışmayla da kuvvetlendirilmiştir (Ben-Hur ve Koren, 1997).

Pamuk ve Pagliali (1990) yaptıkları laboratuvar çalışmalarında kil ve tın bünyeli topraklara sentetik stabilizatör olarak bilinen polivinil alkol, dekstran ve humik asidi % 0, % 0.5, % 1.0, ve % 2.5 oranlarında ilave ederek toprakların strüktürel yapılanmalarını incelemişlerdir. Hem polivinil alkolün hem de dekstranın toprak yapısını geliştirdiğini, suda dispers olabilen silt+kil miktarının azaldığını yada kontrol örnekten daha düşük oranlarda gerçekleştiğini söylemişlerdir.

Agregatlaşma ve agregat stabilitesini etkileyen bir diğer faktör toprakların kireç içeriğidir. Bir toprağın kalsiyum doygunluğu, toprak havasının kısmi CO<sub>2</sub> basıncı ve yağışlarla kuvvetli asitlerin toprağa ulaşma-

sı ile artmaktadır. Bu konsantrasyon biyolojik aktivitesi yüksek olan  $\text{CaCO}_3$ 'lu topraklarda maksimuma ulaşmaktadır.  $\text{CaCO}_3$  primer parçacıkları çimentolaştırmak sureti ile agregat stabilitesi üzerine etkide bulunmaktadır. Yüksek Ca doygunluğu, toprak kolloidleri arasında köprü oluşturarak ve biyolojik aktiviteyi artırarak agregat stabilitesini artırıcı etkide bulunabilmektedir (Özbek ve ark., 1993).

Chan ve Heenan (1998) tarafından yapılan bir çalışmada, 3 yıl süre ile 1.5 t / ha kireç uygulamasının topraktaki pH, organik karbon ve strüktürel stabilite üzerine olan etkileri incelenmiştir. Toprak yüzeyine (10 cm) yapılan kireç uygulamalarından sonra yüzeye yakın olan bölgelerde (0-2.5 cm) makro agregat (>2 mm) stabilitesinde geçici bir azalma olduğu belirlenmiştir. pH'daki en yüksek artışın, organik karbon miktarındaki azalmanın ve mikrobiyal biyomastaki artışın yine bu bölgede meydana geldiği bildirilmiştir. Kireç uygulamasından 1.5 yıl sonra hem makro hem de mikro düzeydeki agregatların stabilitesinin önemli bir artış gösterdiği, uygulamadan 3 yıl sonra ise agregat stabilitesindeki gelişimin toprağın 7.5 cm' lik derinliğinde oluştuğu bildirilmiştir.

Demir ve alüminyum oksitler toprak parçacıklarını birbirine bağlayabilmektedir. Serbest demir oksit içeriği ile birlikte agregat stabilitesi genellikle artarken, serbest alüminyum oksit ile agregat stabilitesinde gözle görülür bir artış meydana gelmemektedir (Anonymous, 2003).

Demir ve alüminyum porların içerisine ve özellikle toprak parçacıklarının temas noktalarına girerek orada oksitlenip kristalleşmekte ve böylece toprak parçacıklarının sıkıca bir arada tutulmasını sağlayan büyük temas yüzeylerinin oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca pH 5' in altında mineral topraklarda alüminyum doygunluğunun artmasına bağlı olarak alüminyum iyonlarının agregatlaştırıcı etkisinin yüksek olması sonucu strüktür stabilitesinin çoğunlukla kuvvetli asidik tınlı ve killi topraklarda, kalsiyum doygunluğu yüksek olan topraklara oranla daha iyi olmaktadır. Ancak alüminyum doygunluğunun yüksek olması bitki gelişimi için zararlı olduğundan pratikte alüminyumun stabilize edici etkisinden yararlanılmamaktadır (Özbek ve ark., 1993).

Zhang ve Horn (2001) yapmış oldukları bir çalışmada, Le Bissonais metodu uygulayarak ultisol ordosuna ait toprakların agregat stabilizasyon mekanizmasının belirlenmesi ve stabil agregatlarda hangi agregat boyutunun baskın durumda olduğunu belirlemişlerdir. Çalışmada gerçekleştirilen kuru eleme ile 5-3 mm, 3-2 mm ve 2-1 mm boyuta sahip agregatların elde edildiği bildirilmiştir. Ayrıca ıslak eleme ile 2-1 mm ve 0.63-0.2 mm boyuta sahip agregatların yoğun olarak elde edildiği bildirilmiştir. Toprak agregatlarını hızlı ıslatma ve ıslatıp karıştırma işlemlerinden sonraki mikro agregasyon derecesinin KDK,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ve  $\text{Al}_2\text{O}_3$  gibi toprak özelliklerinden en yüksek düzeyde etkilendiği bildirilmiştir.

Igwe ve ark., (1999) tarafından yapılan bir çalışmada, toprakların kimyasal ve mineralojik özelliklerinin hem makro hem de mikro düzeydeki agregat stabilite ile olan ilişkileri araştırılmıştır. Entisol ve Ultisol ordosuna dahil edilen 5 profil ve 25 üst toprak örneğinin KDK' sının düşük olduğu, toprakların makro ve mikro düzeydeki agregatlaşmada pozitif yöndeki bir ilişkinin  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ile agregatlaşmış silt+kil ve stabil olmayan < 0.2 mm boyuta sahip agregatlar arasında elde edildiği belirtilmiştir. Ayrıca smektit içeren topraklardaki agregatların kaolinit içeren topraklardakinden daha zayıf bir yapıda olduğu bildirilmiştir. Bazı toprak özellikleri ile suya dayanıklı agregatlar arasındaki korelasyon Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Bazı toprak özellikleri ve agregat stabilitesi arasındaki istatistiksel ilişki (Igwe ve ark., 1999).

Toprak Özellikleri	r
CDI vs. ESP	-0.666 <sup>b</sup>
CDI vs. $\text{Ca}^{+2}$	0.520 <sup>b</sup>
CDI vs. $\text{Mg}^{+2}$	0.427 <sup>c</sup>
CDI vs. OM	0.670 <sup>c</sup>
ASC vs. ESP	0.452 <sup>c</sup>
ASC vs. $\text{Ca}^{+2}$	-0.164NS
ASC vs. $\text{Mg}^{+2}$	-0.207NS
ASC vs. $\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.86 <sup>b</sup>
ASC vs. OM	-0.385NS
WSA < 0.2mm vs $\text{Ca}^{+2}$	0.634 <sup>b</sup>
WSA < 0.2mm vs $\text{Mg}^{+2}$	0.197NS
WSA < 0.2mm vs $\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.80 <sup>b</sup>
WSA < 0.2mm vs OM	0.365NS
WSA > 0.5mm vs. $\text{Ca}^{+2}$	-0.478 <sup>c</sup>
WSA > 0.5mm vs. $\text{Mg}^{+2}$	-0.075NS
WSA > 0.5mm vs. $\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.200NS
WSA > 0.5mm vs. OM	-0.174NS
% Kil vs. ESP	-0.624 <sup>b</sup>
% Kil vs. $\text{Ca}^{+2}$	0.491 <sup>c</sup>
% Kil vs. $\text{Mg}^{+2}$	0.381NS
% Kil vs. $\text{Fe}_2\text{O}_3$	-0.773 <sup>b</sup>
% Kil vs. OM	-0.120NS

<sup>b</sup> : Oldukça çok önemli <sup>c</sup> :Çok önemli NS= Önemli değil  
**CDI**= Kil dispersiyon oranı **ASC**= Agregatlaşmış kil+silt;  
**WSA**= Suya dayanıklı agregatlar; **ESP**; Değişebilir sodyum oranı

Mikroorganizma faaliyetleri topraklardaki agregat oluşum ve stabilitesi üzerine önemli bir etkiye sahiptir. Bu etki farklı mikrobiyal topluluklar tarafından değişik agregat boyutları üzerinde meydana gelmektedir. Mantar faaliyeti yoğun olan topraklarda genelde makro agregatlar etkilenirken bakteriyel faaliyetlerin yoğun olduğu topraklarda mikro agregatlar etkilenmektedir. Topraklara herhangi bir mikrobiyal uygulama yapılmadığında makro agregatlar içinde fungal ve bakteriyel biyomas azalmaktadır (Guggenberger ve ark., 1998).

Yapılan bir çalışmada farklı çimentolayıcı maddeler tarafından sürekli arttırılan geniş üniteler içerisindeki toprak agregatlarının sağlamlılığı elektron mikroskopunda incelemiş ve agregat topluluklarında dört temel agregat boyutunun stabilitesinin (<20 µm, 20-

90 µm, 90-250 µm ve >250 µm) fungus miselleri tarafından arttırıldığı bildirilmiştir (Christopher 1996).

Puget ve ark., (1998) Fransa'da yaptıkları bir çalışmada, siltli bünyeye sahip iki toprak örneğindeki parçacık büyüklük fraksiyonu ve bozulmaya dirençli agregatlar içindeki karbonhidratların yayılımı ve bileşimi araştırılmıştır. Çalışmada mikrobiyal kökenli karbonhidrat parçalarının <50 µm (silt+kil) fraksiyonunda baskın bir biçimde bulunduğu, total karbon ve karbonhidrat içeriğinin agregat boyutunu arttırdığı bildirilmiştir.

Lalande ve ark., (1998) bitki sürgünlerinin parçalanmasıyla elde edilen talaşın tın bünyeye sahip toprağa uygulanması ile birlikte 20 hafta boyunca bakteri, mantar ve aktinomiset popülasyonu, mikrobiyal biyokütle ve aktivitesi izlenerek topraktaki suya dayanıklı agregat stabilitesinin nasıl etkilediğini incelemiştir. Talaş ilavesi hızlı bir biçimde (8 hafta içerisinde) aktinomiset ve bakteriyel gelişimini sağladığı, daha sonraki dönemlerde ise bu etkinin zamanla azaldığı belirtilmiştir. En önemli ve en uzun etkinin mantar popülasyonunda birbirini takip eden iki yıl içinde gözlemlendiği bildirilmiştir. İkinci yıl içerisinde mantar popülasyonunda ki bu ilerlemenin suya dayanıklı agregat stabilitesinde geniş değerlerde ve önemli bir düzeyde artışın sağlanmasından sorumlu olduğu belirtilmiştir.

Toprak yapısının geliştirilmesi, toprağın fiziksel bileşenlerinin ötesinde biyotik ve çevresel faktörler arasındaki ilişkiye bağlıdır. Doğal yollarla oluşan ıslanma ve kuruma olayları toprak yapısının gelişimini sağlamakta ve sürdürülebilir bir tarımda toprakların fiziksel özelliklerinin iyileşmesinden sorumludur. Bu amaçla yapılan bir çalışmada değişik tekstüre sahip topraklarda bir kez, üç kez ve altı kez ıslanma ve kurumaya bırakıldıktan sonra bu topraklardaki agregatların değişimi incelenmiş ve agregasyonun bir kez ıslanma ve kuruma olayının gerçekleştirilmesinden sonra güçlü bir şekilde ortaya çıktığı bildirilmiştir (Wagner ve ark., 2000).

Piccolo ve ark., (1997) semiarid ve arid Akdeniz iklim koşullarındaki bir çok tarım topraklarında meydana gelen ıslanma ve kuruma olaylarının topraklardaki agregat stabilitesini azalttığını bildirmişlerdir. Bu amaçla, sürekli ıslanma ve kurumaya maruz kalan İtalya'nın çeşitli bölgelerinden aldıkları topraklara sekiz farklı düzeyde humik materyal uygulayarak agregat stabilitesindeki değişimin tayini için çalışmalar yapmışlardır. Humik materyal uygulamaksızın, smektit ve illit kil minerallerince zengin olan Principina ve Bovolone toprakları arka arkaya ıslanma ve kurumaya tabi tutularak agregat stabilitesi incelenmiş ve bu toprakların agregat stabilitesinin azaldığı gözlemlenmiştir. Aynı sonuçlar kaolinit kil mineralince zengin olan Acierale topraklarında da elde edilmiştir.

Denef ve ark., (2001) toprakta meydana gelen ıslanma ve kuruma olaylarının agregat döngüsünü ve toprak organik maddesinin parçalanmasını arttırdığını

söylemişlerdir. Aynı araştırmacılar yaptıkları bir araştırmada ıslanma ve kuruma olayının agregat stabilitesi, toprak organik madde dinamiği, mantari ve bakteriyel popülasyon üzerine etkilerini siltli tın bünyeye sahip bir toprakta incelemişlerdir. Çalışmada toprak örnekleri dört kez ıslanma ve kurumaya maruz bırakılmıştır. İlk yapılan ıslanma ve kurumanın makro agregat miktarında % 30 dan % 21'e varan bir azalma meydana getirdiği bununla beraber ikinci ıslanma ve kuruma olaylarından sonra ise makro agregatların parçalanmaya karşı bir direnç kazandıklarını bildirmişlerdir.

Toprak işleme ile topraklardaki agregatlaşma ve bu agregatların stabilitesi arasındaki ilişki genellikle olumsuz olmaktadır. Bunun nedeni olarak ise yoğun bir şekilde gerçekleştirilen toprak işlemenin toprak organik maddesinin oldukça hızlı bir şekilde kaybına neden olması olarak gösterilmektedir. Orman örtüsü altında gelişen topraklarla tarımsal faaliyet gerçekleştirilen toprakların agregatlaşma düzeyleri karşılaştırıldığında işlenen topraklarda bu düzeyin daha az olduğu bildirilmiştir. Yoğun toprak işlemeye bağlı olarak topraktaki agregatların C içeriğinin azalmasından dolayı agregatların ıslanma yeteneği ve mekaniksel dispersiyona uğrama yeteneklerinin arttığı bildirilmiştir (Chenu ve ark., 1999).

Singh ve Singh (1995) tarafından hem makro hem de mikro agregatlar içindeki mikrobiyal biyokütle sonucu ortaya çıkan karbon miktarının orman topraklarında maksimum işlenmiş alanlarda ise minimum düzeyde olduğu bildirilmiştir.

Oyedele vd (1999) tarafından, topraklar işlemeli ve işlemez tarım tekniklerinin uygulaması bakımından da karşılaştırılmış, işlemeli tarım tekniğinin kullanıldığı topraklarda uygulama süresince suya dayanıklı agregatların konsantrasyonu işlemez tarım tekniğinin uygulandığı toprak örneklerine nazaran % 7 oranında azaldığı bildirilmiştir.

Chenu ve ark. (1999) tarafından yapılan bir çalışmada, işlenen topraklardaki organik madde-kil kompleksinin fiziksel özellikleri ve mikro strüktür kompozisyonu içerisindeki değişim analiz edilerek bu özelliklerin agregat stabilitesindeki etkisi belirlenmiştir. İki farklı ekosistemde yayılım gösteren (orman örtüsü ve işlenen tarımsal toprak) topraklardan alınan silt bünyeye sahip topraklar analiz edilmiştir. Topraklar < 2 µm boyutundaki fraksiyonlarına ayrılarak bu fraksiyon içerisindeki C ve N içeriği belirlenmiştir. 2 < µm fraksiyonun C içeriğinin işleme ile birlikte 112 den 43 mg C / gr değerine güçlü bir düşüş gösterdiği, diğer agregat fraksiyonları ile karşılaştırıldığında bu düşüşün en az bu boyutta gerçekleştiği bildirilmiştir. Orman örtüsü altında gelişen topraklarla işlenen toprakların agregatlaşma düzeyleri karşılaştırıldığında ise işlenen topraklarda bu düzey daha az olmuştur. C içeriğinin azalmasından dolayı agregatların ıslanma yeteneği ve mekaniksel dispersiyona uğrama yeteneklerinin arttığı bildirilmiştir. Toprakların sürekli işlen-

mesi ile topraklardaki tekrar ıslanma oranı ve agregat kohezyonunda gözlenen değişimler buradaki kil mineral kohezyonu değişimi ve toprakların ıslanma yeteneği sayesinde gerçekleşmektedir.

Sıcaklıktaki ekstrem değişimler, nem koşullarına ve toprak kolloidlerinin tabiatına bağlı olarak, hapsolan havanın genişleşip büzülmesi veya donma ve çözülme yolu ile hacim değişmelerine sebep olarak strüktürün değişmesi ile sonuçlanabilmektedir (Demiralay 1992).

**Tablo 2.** Donma ve çözülme olayının agregat stabilitesi üzerine etkisinin istatistiksel sonuçları (Öztaş ve Fayetorbay, 2003).

Uygulamalar	Düzeyleyler	Suya Dayanıklı Agregat Stabilite Ortalamaları
<b>Toprak Tipi</b>	Nenehatun	53.0a
	Karasu	50.8a
	Pasinler	34.8b
	Tuzcu	24.2c
<b>Temel Agregat Sınıfları (mm)</b>	0.0-1.0	35.1b
	1.0-2.0	43.5a
	2.0-4.0	43.6a
<b>Donma Sırasındaki Toprağın Nem İçeriği</b>	Hava Kuru	51.4a
	Tarla Kapasitesi	39.9b
	0.9XSatürasyon	30.9c
<b>Donma ve Çözülme Sayısı</b>	3	40.2b
	6	43.2a
	9	38.8b
<b>Donma Sıcaklığı</b>	-4 °C	42.8a
	-18 °C	38.7b

Donma ve çözülme olayları topraklardaki agregat stabilitesini arttırmaktadır. Bir kez gerçekleştirilen donma ve çözülme işleminden sonra agregat stabilitesindeki artış düşük oranlarda olmakta ancak iki veya üç kere yapılan donma ve çözülme işleminden sonra agregat stabilitesinde en yüksek değer elde edilmektedir. Bu konuda yapılan bir çalışmada uygulama ile meydana gelen stabil agregat boyutunun 0-15 mm boyutunda 15-30 mm boyutundan daha fazla olmuştur (Lehrsch, 1998).

Denef ve ark., (2002) farklı kil mineralojisine sahip üç adet toprakta (2:1 tipi kil minerallerinin baskın olduğu illit ve klorit içerikli toprak, 2:1 tipi kil minerallerinden vermikulit ve 1:1 tipi kil minerallerinden kaolinit karışımının bulunduğu toprak ve 1:1 tipi kil minerallerinden kaolinitin baskın bulunduğu toprak) ıslanma ve kuruma olaylarının agregat oluşumu ve stabilitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. 42 günlük bir inkübasyon sonunda genelde ıslanma ve kuruma olayının makro agregat oluşumu üzerine pozitif yönde bir etki yaptığı bildirilmiştir.

Öztaş ve Fayetorbay (2003) tarafından, donma ve çözülme olaylarının farklı ana materyal üzerinde olmuş toprakların suya dayanıklı agregat stabilitesi

üzerine etkisi değişik agregat büyüklük gruplarında (0-0, 1.0-2.0 ve 2.0-4.0 mm) araştırılmıştır. Donma ve çözülmenin agregat stabilitesi üzerine etkisi toprakların farklı nem içeriği, farklı donma ve çözülme döngüsü (3, 6 ve 9) ile değişik donma sıcaklık değerlerinde (-4 °C ve -18°C) belirlenmiştir. Başlangıçtaki suya dayanıklı agregat stabilitesi yapılan donma ve çözülme uygulamalarıyla toprak tipine bağlı olarak % 28.6- % 51.7 oranında azalma gösterdiği bildirilmiştir. Stabilitede meydana gelen bu azalmanın donma sırasındaki toprağın artan nem içeriği ile birlikte daha fazla arttığı bildirilmiştir. Farklı agregat büyüklük grupları içindeki suya dayanıklı agregatların azalma oranı % 13.8 ile % 57.7 arasında gerçekleştiği bildirilmiştir. Suya dayanıklı agregat stabilitesinin genellikle 3 ile 6 kez yapılan donma ve çözülme döngüsü ile birlikte arttığı, bu noktadan sonra ise stabilitede azalma gözlemlendiği belirtilmiştir. Tüm topraklarda -18°C deki suya dayanıklı agregatların oranının -4 °C den daha az olduğu bildirilmiştir (Tablo 2).

### SONUÇ VE ÖNERİLER

\* Hem insan sağlığı açısından hem de toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik degradasyonunun önlenmesi açısından toprakların yapısal özelliklerinin geliştirilmesi ve korunması gerekmektedir.

\* Toprakların yapısal olarak gelişimi ise çeşitli faktörlerin ayrı ayrı veya bunların kombinasyonlarının bir etkisi sonucu meydana gelebilmektedir. Bu faktörlerden bir kısmı doğal yollarla agregat gelişimini meydana getirirken bir kısmı ise dışarıdan bazı materyallerin ilavesi ile gerçekleşmektedir.

\* Yapısal olarak gelişmiş bir toprakta bitkisel üretim için gerekli topraktaki bir çok parametrenin optimum koşullar kazandığı ve iyi bir yetiştiriciliğe zemin hazırladığı görülmektedir.

\* Topraklardaki agregatların stabil olması ile hem toprakların kaybı hem de buna bağlı olarak yoğun kimyasal girdilerin kullanılması sonucu oluşan toprak kirliliğinin başka alanlara yayılmasının önlenmesi mümkün olmaktadır.

### KAYNAKLAR

- Anonymous. 2003. Soil Quality Test Kit. Section II. Background & Interpretive for Individual Tests. Page2. <http://soils.usda.gov/sqi/files/section2.pdf>.
- Ben-Hur., M and Keren., R. 1997. Polymer Effects on Water Infiltration and Soil Aggregation. Soil Science Society of America Journal. 61: 565-570.
- Canpolat, M. ve Demiralay, İ. 1995. Organik Materyal İlave Edilmiş Toprakların Agregat Stabilitesi, Briket Hacim Ağırlığı ve Kırılma Değeri Arasındaki İlişkiler. Türkiye Toprak İlmi Derneği Toprak ve Çevre Sempozyumu. Cilt II. Yayın No: 7, ss: A-116 A-124, Ankara.
- Chenu, C., Le Bissonnais, Y., Besnard, E., Arias, M., Arrouyas, D. 1999. The Influence of Cultivation on the Composition and Properties of Clay Organic Matter Associations from Soils. Journal

- of Conference Abstracts. Volume. 4 Number. 1. Symposium LO3, Session LO3: 1B. Humic Substances Soils and Sediments. France.
- Chan., K. Y. and Heenan., D. P. 1998. Effect of Lime (CaCO<sub>3</sub>) Application on Soil Structural Stability of a Red Earth. *Aust. J. Soil Res*, 36, pp: 73-86.
- Christopher, T. B. S. 1996. Aggregate Stability of Different Aggregate Sizes. <http://www.agri.upm.cdu.my/jst/resources/as/om-fractions.ht> (July 2001).
- Demiralay, İ. 1970. Structural Stability Studies on Soils. A Thesis Submitted to the University of Aberdeen for the Degree of Doctor of Philosophy. Soil Science Department, pp: 6-46.
- Demiralay, İ. 1977. Toprak Fiziksel Koşullarının Kontrolü. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Cilt: 8, Sayı: 1, ss: 141-154, Erzurum.
- Demiralay, İ. 1982. Erzurum Ovasındaki Bazı Doğal Çayır Alanları Topraklarının Agregasyon Durumu. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Cilt: 13, Sayı: 1-2, ss: 3-21, Erzurum.
- Demiralay, İ. 1992. Muş Alpaslan Tarım İşletmesi Killi Topraklarının Strüktürel Stabilitesi ile İlgili Araştırmalar. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 744*, Ziraat Fakültesi Yayınları No: 316, ss: 81-85, Erzurum.
- Denef, K., Bossuyt, H., Frey, S. D., Elliott, E. T., Merckx, R. and Paustian, K. 2001. Influence of Dry-Wet Cycles on the Interrelationships Between Aggregate, Particulate Organic Matter and Microbial Community Dynamics. *Soil Biology & Biochemistry*. Vol: 33, No: 12, pp: 1599-1611.
- Denef, K., Six, J., Merckx, R and Paustian, K. 2002. Short -Term Effects of Biological and Physical Forces on Aggregate Formation in Soils With Different Clay Mineralogy. *Plant and Soil*. Vol: 246. No: 2. pp:185-200.
- Dinel, H., Mehuys G. R. and Levesque. M. 1991. Influence of Humic Acid and Fibric Materials on the Aggregation and Aggregate Stability of a Lacustrine Silty Clay. *Soil Science*, 2: 146-157.
- Grandy, A. S., Porter, G. A., Erich, M. S. 2002. Organic Amendment and Rotation Crop Effects on the Recovery of Soil Organic Matter and Aggregation in Potato Cropping Systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:1311-1319.
- Guggenberger, G., Kaiser, K. and Zech, W. 1998. SOM Pools and Transformation Determined by Physical Fractionation. Refractory Soil Organic Matter (RSOM): Structure and Stability. Proceedings of the Joint Workshop of Commissions II and III, Bayreuth, Germany, 87: 175-190.
- Hillel, D. 1982. Introduction to Soil Physics. 2nd ed. Academic Pres, San Diego, CA.
- Igwe, C.A., Akamigbo. F. O. R., Mbagwu, L. S. C. 1999. Chemical and Mineralogical Properties of Soils in Shoutheastern Nigeria in Relation to Aggregate Stability. *Geoderma* 92. pp. 111-123.
- Lalande, R., Furlan, V., Angers, D. A. and Lemieux, G. 1998. Soil Improvement Following Addition of Chipped Wood From Twigs. *American Journal of Alternative Agriculture*, 13 (3): 132-137.
- Lehrsch, G. A. 1998. Freze Thaw Cycles Increase Near Surface Aggregate Stability. *Soil Science*. Volume: 163. Number: 1. pp: 63-70.
- Oades, J. M. and Tisdall, J. M. 1982. Organic Matter and Water Stable Aggregates in Soils. *Journal of Soil Science*, 33: 141-163.
- Oades, J. M. 1984. Soil Organic Matter and Structural Stability Mechanism and Implications for Managment. *Plant and Soil*, 76: 319-337.
- Oyedele, D. J., Schjonning, P., Sibbesen, E. and Debosz, K. 1999. Aggregation and Organic Matter Fraction of Three Nigerian Soils as Affected by Soil Disturbance and Incorporation of Plant Material. *Soil and Tillage Research*, 50(2): 105-114.
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M. ve Kaptan, H. 1993. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi Kitabı, Yayın no: 73, Ders Kitapları Yayın no: A-16, ss: 77-119, Adana.
- Öztaş, T ve Fayetorbay, F. 2003. Effect of Freezing and Thawing Processes on Soil Aggregate Stability. *Catena*. Vol: 52, 1-8.
- Painuli, D. K. and Pagliali, M. 1990. Effect of Polyvinyl Alcohol, Dextran and Humic Acid on Some Physical Properties of a Clay and Loam Soil. I. Cracking and Aggregate Stability, *Agrochimica*, 34(1-2): 117-130.
- Piccolo, A., Pietramellara, G. and Mbagwu, J. S. C. 1997. Use of Humic Substances as Soil Conditioners to Increase Aggregate Stability. *Geoderma*, 75(3-5): 267-277.
- Puget, P., Angers, D. A. and Chenu, C. 1998. Nature of Carbohydrates Associated with Water Stable Aggregates of Two Cultivated Soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 31(1): 55-63.
- Sağlam, M. T., Bahtiyar M., Tok, H. H. ve Cangir C. 1993. Toprak Bilimi Ders Kitabı. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, ss: 100-135, Tekirdağ.
- Singh, S. and Singh, J. S. 1995. Microbial Biomass Associates with Water Stable Aggregates in Forest, Savanna and Cropland Soils of a Seasonally Dry Tropical Region, India. *Soil Biology And Biochemistry*, 27(8): 1027-1033.
- Tate, R. L. 1995. Soil Microbiology. John Wiley & Sons, New York.



Ünal, H. ve Başkaya H. S. 1981. Toprak Kimyası Ders Kitabı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 759, Ankara.

Wagner, S., Cattle, S.R., Scholten, T and Felix-Henningsen, P. 2000 Observing the Evolution of Soil Aggregates From Mixtures of Sand, Clay and

Organic Matter. In Soil. New Zealand Society of Soil Science. 3: 217-218.

Zhang. B and Horn. R. 2001. Mechanisms of Aggregate Stabilization in Ultisols from Subtropical China. Geoderma. 99: 123-145.