



Donma-Çözülme Süreçlerinin Farklı Arazi Kullanımı Altındaki Toprakların Agregat Stabilitesi Üzerine Etkileri

Saniye DEMİR^{1*} İrfan OĞUZ¹ Rasim KOÇYİĞİT¹

¹Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tokat

*e-posta: saniye.demir@gop.edu.tr

Alındığı tarih (Received): 01.08.2017

Kabul tarihi (Accepted): 10.12.2017

Online Baskı tarihi (Printed Online): 29.12.2017

Yazılı baskı tarihi (Printed): 29.12.2017

Öz: Farklı arazi kullanımı altındaki toprakların kontrol konusu, sürekli donma ve iki kez donma uygulamaları altında bazı fiziksel özelliklerindeki değişim bu araştırma kapsamında ele alınmıştır. Aynı toprak serisinde yer alan kumlukillitin bünyeli orman, mera ve tarım arazilerinden alınan yüzey (0-20 cm) toprak örnekleri kontrol konusu, sürekli donma ve iki kez donma uygulamalarına maruz bırakılmıştır. Toprakların makro ve mikro agregat yüzdeleri ile dispersiyon oranı değerleri, araştırma uygulamalarına bağlı olarak istatistiksel önemde bir değişim göstermemiştir. Mera topraklarında, sürekli donma uygulamasında, makro agregat stabilitesi ve agregat stabilitesi değerleri artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Agregat stabilitesi, donma-çözülme, dispersiyon oranı, farklı arazi kullanımı

Effect of Freezing-Thawing on Soil Aggregate Stability of Soils under Different Land Uses

Abstract :The aim of this study was to determine the effects of persistent and intermittent freezing on some soil physical properties under different land uses. Surface soil samples (0-20 cm), in the same soil series with sand clay loam, were taken from forest, grassland, and cultivated lands were exposed to persistent and intermittent freezing. The percentage of soil macro and micro aggregates and dispersion ratios were similar under the treatments. Persistent freezing enhanced macro aggregate stability and aggregate stability in grassland soil.

Keywords: Aggregate stability, freeze-thaw cycles, dispersion ratio, different landuse

1. Giriş

Agregat stabilitesi, önemli bir toprak özelliğidir. Çünkü, agregat stabilitesinin zayıfladığı topraklar daha fazla su ve rüzgar erozyonuna maruz kalmaktadır (Dagesse, 2011). Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde, stabil olmayan agregatlara sahip yüzey topraklarında, yağış ve sulamayı takip eden kurumadan sonra kaymak tabakası oluşmaktadır (Larney ve ark., 1994).

Kaymak tabakası, toprak ile atmosfer arasındaki su ve hava hareketliliğini azaltmakta, bitkilerin gelişimini olumsuz yönde

etkilemektedir. İnfiltrasyonun azalmasına neden olduğundan dolayı toprakta depolanan su miktarı azalmakta, fide çıkışı engellemekte, yüzey akışın ve erozyonun artmasına neden olmaktadır (Sharratt, 2002). Söz konusu bu süreçler ürün verimini azaltmaktadır.

Günümüzde yapılan donma-çözülme ile ilgili çalışmalarda; donma-çözülme süreçlerinin sayısının 5-10 veya daha fazlası olması durumunda, agregat stabilitesinin önemli ölçüde zayıfladığı (Dagesse ve ark., 2011; Bajracharya ve ark.,1998; Kvaerno ve Qygarden, 2006; Bryan, 1971); ancak, bu sayı en fazla iki olması

durumunda ise agregat stabilitesinin etkilenmediği ifade edilmiştir.

Donma-çözölmeye neden olan diğer bir faktör ise, toprağın su içeriğidir. Toprağın su içeriği, donma-çözölmeye süreçlerine bağlı olarak toprak agregatlarında meydana gelen bozulmanın derecesini belirleyen en önemli toprak özelliklerindedir (Caron ve Kay, 1992).

Islak agregat stabilitesi, toprağın önemli dinamik özelliklerinden birisidir. Amenajman uygulamaları ve iklim süreçlerine bağlı olarak değişmektedir. Toprak işleme, sulama ve yüzeyde bırakılan atıklar amenajman uygulamalarını oluşturmaktadır. Yağış, buharlaşma ve donma-çözölmeye ise iklim süreçleri olarak kabul edilmektedir. Özellikle sıcak iklimlerde, donma-çözölmeye süreçlerinin etkisi oldukça fazla olmaktadır. Donmaya maruz kalmış bölgelerde, ilkbahar mevsiminde toprak yüzeyinde bitki örtüsü olmadığından bu alanlarda rüzgar ve su erozyonu çok fazla görölmektedir. Şayet, kış mevsiminde toprak yüzeyinde agregatlaşma meydana gelmiş ise donmayla birlikte bu agregatlarda zayıflama meydana gelmektedir (Lehrsch ve ark., 1998). İlkbahar mevsiminin gelmesiyle birlikte ortaya çıkan erosiv güçlerden dolayı, bu agregatların kırılmaya ve taşınmaya karşı gösterdiği dayanım azalmaktadır (Wan ve ark., 2012).

Toprağın ıslak agregat stabilitesi büyük buz kütlelerine yakın ya da hemen altında oluştuğundan, toprak kurumaya başladığı andan itibaren artarken (Mbagwu ve Bazoffi, 1989), bu agregatların birbirine demir oksit, jips, silika ve CaCO₃ gibi bir çimento malzemesiyle bağlanması sonucunda agregat stabilitesi artmaktadır. Ayrıca, su ile meydana gelen bozulmaya karşı daha fazla direnç göstermektedir (Li ve ark., 2002).

Topraktaki agregatların birbirine yapışması ve kümelenmesi, toprak kururken meydana gelmektedir. Kum ve silt partiküllerinin birbirine temas ettiği bu bölgede kil partikülleri önemli bir rol oynamaktadır. Kil partikülleri stabil şartların oluşmasını sağlayarak agregat stabilitesini artırmaktadır (Dagesse, 2011). Toprak yüzeyine yakın agregatlar, donma-çözölmeye sürecinden oldukça fazla etkilenmektedir. Donmaya bağlı

olarak meydana gelen buz kütleleri, birbirine yakın agregatların içerisinde kırılma düzlemlerini oluşturmaktadır. Zayıf düzlemler boyunca görölen bu kırılmalar, stabilitenin azalmasına neden olmaktadır (Lehrsch, 1998).

Donma-çözölmeye maruz kalmış yüzeydeki agregatların stabilitesi, yapılan amenajman uygulamaları ile değişebilmektedir. Hasattan sonra pullukla sürölmüş buğday anızı çok fazla tercih edilmektedir (Kvaerno ve Qygarden, 2006). Bu şekilde toprak yüzeyi bitki atıkları ile örtölmekte ve daha sonra görölecek olan donma-çözölmeye etkisi de azaltılmaktadır. Özellikle kuru tarımın yapıldığı bölgelerde, toprak yüzeyi pürüzlü, atık (Pikul ve ark., 1986; Layton ve ark., 1993) ya da kar ile örtölmüş yüzeyler (Larney ve ark., 1994) ısı ve nem kaybını azaltmadığından dolayı donma-çözölmeye süreçlerinden daha az etkilenmektedir. Minimum toprak işleme ve organik madde ilavesinin yapıldığı topraklarda yüzeyde yer alan agregatlar bu süreçten çok fazla etkilenmemektedir (Linnell, 2013).

Bu çalışmada, kontrol konusu (donmaya maruz kalmamış), sürekli donma koşullarında olan ve iki sefer donma çözölmeye süreçlerini yaşamış aynı toprak serisi ancak, farklı arazi kullanımı altındaki topraklarda, uygulamaların toprakların gözenek yapılarına, aşınmaya duyarlılığına ve agregat stabilitesine olan etkisi araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmanın yürütöldüğü Orta Karadeniz Geçit Kuşığı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Karadeniz ve İç Anadolu bölgeleri arasında geçit bölgede ve Yukarı Yeşilirmak Havzasında yer almaktadır. Enstitü arazisi Tokat-Turhal karayolunun 10.km'sinde, Kazova'da, 40°18' enlem ve 36°34' doğu boylamında yer almakta olup, Enstitü arazisinin denizden yüksekliği 585 m'dir (Şekil 1).

Tokat ili Orta Karadeniz bölümünün iç kısımlarında bulunduğundan; hem Karadeniz hem de İç Anadolu'daki step (kara) ikliminin etkisi altındadır. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlıdır. Tokat Meteoroloji İstasyonundan alınan 1980-2015 yılları arasındaki yağış

verilerine göre yıllık maksimum ve minimum yağış miktarı sırasıyla 313.3 mm ile 592.9 mm'dir. Bir yılın yaklaşık 250 günü yağışlı geçmektedir. En fazla yağışlar ilkbahar ve sonbahar aylarında görülmektedir. 1980-2015 yılları arasındaki verilere göre en düşük sıcaklık -10.7 °C ile ocak ayında, en yüksek sıcaklık ise 36.5 °C ile temmuz ayında görülmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık 12.5 °C'dir (Anonim, 2015).

Araştırmanın yürütüldüğü Akış serisi toprakları Entisol toprak sınıfı içinde yer almakta olup, %10-12 eğimli topoğrafyada marn ve kalker ana materyali üzerinde oluşmuş A ve C horizonlu oldukça derin topraklardır (Oğuz, 1993).

Toprak örnekleri, Orta Karadeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü arazisinde yayılım gösteren Akış Serisi üzerinde bulunan orman, mera ve tarım arazilerinden 5 tekerrürlü olmak üzere 0-20 cm toprak derinliğinden alınmıştır.

Laboratuvara getirilen toprak örnekleri havada kurutulmuş ve 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. Elenmiş örnekler kontrol konusu, sürekli donma ve iki kez donma uygulamaları için eşit olarak gruplandırılmış ve birbirinden ayrı olmak üzere polietilen torbalara yerleştirilmiştir.

Kontrol konusu, iki kez ve sürekli donma konularını içeren toprak örnekleri tarla kapasitesi nemine ulaşana kadar bir piset yardımıyla mümkün olduğu kadar agregatların parçalanmamasına dikkat ederek ıslatılmış ve fazla suyun drene olmasına izin verilmiştir. Böylelikle tarla kapasitesine getirilen tüm toprak örnekleri donma-çözülme süreci ile toprağın su içeriği arasında var olan ilişkinin etkisi tüm araştırma konuları için eşitlenmiştir. Perfect ve ark. (1990b) ve Lehrsch (1998) toprağın su içeriği donma ve çözülme sürecinin oluşumunu desteklediğini ifade etmişlerdir. Nem içeriği ve sıcaklığa bağlı olarak toprak su içeriği artmakta veya azalmaktadır (Li ve ark.,2002). Bu durum ise donma ile agregatlaşma arasındaki ilişkiyi etkilemektedir.

Kontrol konusunda, toprak örnekleri tarla kapasitesi koşulu sağlandıktan sonra ilave bir uygulama yapılmamış, topraklar laboratuvar koşullarında bekletilmiştir. Sürekli donma konusu

için seçilmiş toprak örnekleri, -18 °C'de derin dondurucuda 12 gün süreyle bekletilmiştir. İki kez donma konusu toprak örnekleri ise, öncelikle 3 gün boyunca -18 °C'de derin dondurucuda donma koşullarına maruz bırakılmış ve takip eden 3 gün süreyle de 22 °C'de laboratuvar sıcaklığı koşullarında bekletilmiştir. Daha sonra, bu toprak örnekleri tekrar 3 gün süreyle -18 °C'de dondurulmuş ve 3 gün süreyle 22 °C'de laboratuvar koşullarında bekletilmiştir.

Çalışmada, toprakların agregat stabilitesi ıslak eleme aparatı kullanmak suretiyle belirlenmiştir (Anonim, 2007). 2-1 mm elek arasında kalan 4 gr toprak örneği eleme aparatının elek kaplarının içine konmuştur. Üzerine saf su konularak, alet 3 dakika çalıştırılmıştır. Daha sonra, elekler içerisindeki toprak örneklerinin sularının silindire tamamen damlaması bittikten sonra, örnek silindirleri alınarak yerine yenileri takılmıştır. Toprak örnekleri, 2 gr/1000 ml'lik Sodyumhegzametafosfat (Kalgon) ile dispers edilmiştir. İşlem bittikten sonra hem saf su hem de kalgon silindir setleri 110 °C'lik etüvde, içerisindeki su tamamen buharlaşana dek kurutulmuştur. Toprakların agregat stabilitesi Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Agregat Stabilitesi} = \frac{\text{Kalgon ile muamele edilmiş örnek}}{\text{Kalgon ile muamele edilmiş örnek} + \text{Su ile muamele edilmiş örnek}} \quad (1)$$

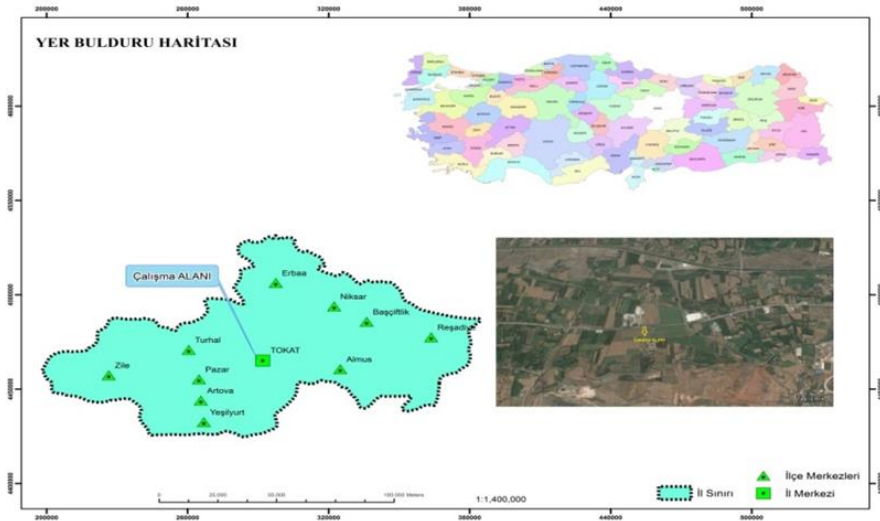
Toprağın bünye analizi Bouyoucos metoduna göre, toprak reaksiyonu (pH) 1:2.5 toprak/su karışımında (Kacar, 1995), çalışmada kullanılan toprak örneklerinin organik madde içerikleri modifiye Walkley-Black metoduna göre tayin edilmiştir (Nelson ve Sommers, 1982). Makro ve mikro agregatların tayininde ise 0.25 ve 0.053 mm olmak üzere iki farklı boyutta elek kullanılmıştır (Le Bissonnais, 1988; Koçyiğit ve Demirci, 2012). Büyük bir kap içerisine su konulmuştur. Büyük elek üstte olacak şekilde elekler yerleştirilmiş ve 50 defa suya daldırılıp çıkarılmak suretiyle makro ve mikro agregatlar ayrımı yapılmıştır. Üst elekte kalan agregatlar makro, alt elekte kalan agregatlar ise mikro agregat olarak sınıflandırılmıştır. Eleklerde tutulmayan zerreciler ise kil tane olarak değerlendirilmiştir. Toprakların erozyona duyarlılık eğilimini belirlemek amacıyla

Middleton tarafından geliştirilmiş olan Dispersiyon Oranı yaklaşımından yararlanılmıştır. Toprakların dispersiyon oranı değerleri Eşitlik 2 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Dispersiyon Oranı} = \frac{\text{Su ile dispers edilmiş süspansiyonda (Silt+Kil) yüzdesi}}{\text{Kalgon ile dispers edilmiş süspansiyonda (Silt+Kil) yüzdesi}} \quad (2)$$

Elde edilen verilere, donma-çözülme süreçleri ve farklı arazi kullanım türlerinin karşılaştırılması amacıyla tek yönlü varyans analizi tekniği uygulanmıştır. İncelenen özellikler arasındaki farkın önemli olması durumunda ortalamalar arasındaki farkı belirlemek için en küçük önemli fark (LSD) testi kullanılmıştır. Söz konusu istatistik analizlerinin yapılmasında SPSS istatistik paket programından yararlanılmıştır (SPSS Statistics, 2005).

Verilerin İstatistik Analizi



Şekil 1. Çalışma alanı

Figure 1. Study area

3. Bulgular ve Tartışma

Farklı kullanıma sahip toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. En yüksek kil içeriği %37.12 ile tarım toprağında belirlenirken, en fazla organik madde içeriği %4.30 ile orman toprağında bulunmuştur. Farklı

arazi kullanım türlerine ait toprakların pH değerleri 8 civarında olup, Akış Serisi karakteristiği olan alkalın reaksiyonludur. EC değeri, mera arazisinde düşük olmakla birlikte tüm arazi kullanım türlerinde topraklar tuzsuz olarak yer almıştır.

Çizelge 1. Çalışma alanı toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 1. Some physical ve chemical properties of the study area soil

Arazi Kullanım Türü	Tekstür Sınıfı	Tekstür (%)			Organik Madde (%)	pH (1:1)	EC $\mu\text{s/cm}$
		Kil	Silt	Kum			
Orman	Kumlu Killi Tın	30.32	13.6	56.08	4.30	8.19	270.4
Mera	Kumlu Killi Tın	31.12	20.4	48.48	1.69	8.46	203.8
Tarım	Kumlu Killi Tın	37.12	16.0	46.88	1.71	8.55	278.0

Farklı arazi kullanım türlerine ait tanımlayıcı istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Kontrol konusunda, orman ve mera arazilerinin yüzde makro agregatların standart sapma (3.93 ve 3.88) ve değişim katsayıları (%4.36- %4.65) birbirine yakın olarak bulunmuştur. Tarım arazisinin ise standart sapma (9.90) ve değişim katsayı değerleri (%15.70) yüksek bulunmuştur. Ortalama mikro agregat yüzdesi en fazla tarım arazisinde (%24.29) çıkmıştır (Çizelge 2). Değişim katsayısı, bu özellik için %45.25 ila 50.72 arasında değişen oldukça yüksek bir değer göstermiştir. Bulunan bu sonuçlar, kontrol konusunda mikro agregatların arazi kullanım türlerinden oldukça fazla etkilendiğini ifade etmektedir (Çizelge 2). %49.63 ile en düşük agregat stabilite değeri tarla topraklarında bulunurken; %26.49 değişim katsayısı ile en fazla değişim gösteren yine işlemeli tarım topraklarıdır. Elde edilen bu değerler, toprak işlemenin toprak özellikleri üzerine yapmış olduğu etkinin bir sonucudur. Sürekli donma konusunda, orman ve mera arazisinin makro ve mikro agregat yüzdeleri en düşük standart sapma ve değişim katsayısı değerine sahiptir (Çizelge 2). Tarla toprakları ise %58.72 ile en düşük agregat stabilite değeri göstermiştir. Ancak, sürekli donma konusunda %25.88 ile en yüksek değişim katsayısı orman topraklarında bulunmuştur. İki kez donma konusu istatistiksel özellikleri incelendiğinde, bu sürecin farklı arazi kullanım türlerinin mekaniksel özellikleri üzerine çok fazla bir etkiye sahip olmadığı; ancak, orman topraklarının mikro agregat yüzdelerinde önemli bir azalmaya neden olduğu Çizelge 2’de görülmektedir.

Makro ve Mikro Agregat İçerikleri

Farklı arazi kullanımına sahip toprakların makro agregat yüzdeleri üzerine araştırma konularının etkisi araştırılmıştır. Orman topraklarının makro agregat içeriği %79.19, mera topraklarının %83.33 ve tarım topraklarının ise

%63.06 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Kontrol konusunda farklı arazi kullanımı altındaki toprakların makro agregat kapsamları üzerinde istatistiksel anlamlı bir farklılığa yol açmamıştır. Kontrol konusunda olduğu gibi sürekli donma konusunda da makro agregat yüzdesi farklı arazi kullanımı altındaki toprakların hiçbirinde önemli bir farklılık göstermemiştir. Ancak, işlemeli tarım topraklarının iki kez donmaya maruz bırakılması makro agregat yüzdesinde anlamlı bir artışa yol açmıştır. Toprak strüktürü çok iyi gelişmiş makro agregatlar, daha zayıf strüktüre sahip makro agregatlara göre donma-çözülme süreçlerine karşı daha dayanıklıdır (Öztaş ve Fayertorbay, 2003). Donma uygulamaları, makro agregatları mikro agregatlara göre daha fazla etkilemiştir.

Toprakların organik madde içeriği önemli bir bağlayıcı malzeme olup, makro agregatların içerisinde yer alan mikro agregatları bağlamak suretiyle toprakların agregat stabilitesinin gelişmesine yardımcı olmaktadır. Toprak işlemeye bağlı olarak organik madde miktarı azalmaktadır (Yılmaz ve Alagöz, 2005). Ayrıca makro agregatlar toprak işlemeye karşı daha az dayanıklıdır (Six ve ark., 2004). Bundan dolayı, kontrol konusunda, tarla topraklarının makro agregat yüzdeleri diğer kullanım türlerine göre düşük çıkmıştır.

Sürekli donma konusunda, makro agregat yüzdeleri her bir arazi kullanımı için belirlenmiştir. Orman topraklarında %74.76, merada %66.00 ve tarla topraklarında ise 56.46’dır (Çizelge 2). Kontrol konusuna göre çok az bir azalma göstermekle birlikte en fazla azalma mera topraklarında meydana gelmiştir. Ancak, en yüksek standart sapma (%8.45) ve değişim katsayısı ise (%14.97) tarla topraklarında bulunmuştur. Bulunan bu sonuçlar, tarla topraklarının makro agregat (%) değerleri üzerine toprak işlemenin yanı sıra donma-çözülmenin de azaltıcı bir etkisinin olduğunu göstermiştir.

Çizelge 2. Araştırma konularına ait bazı tanımlayıcı istatistik parametreler
Table 3. Some descriptive statistical parameters for research subjects

<i>Uygulamalar</i>	<i>Toprak Özellikleri</i>	<i>Arazi Kullanım Türü</i>	<i>Maksimum (%)</i>	<i>Minumum (%)</i>	<i>Ortalama (%)</i>	<i>Standart Sapma</i>	<i>Değişim Katsayısı (%)</i>
KONTROL (Donma Yok)	Makro Agregat (%)	Orman	84.48	73.42	79.19	3.93	4.96
		Mera	88.64	79.51	83.33	3.88	4.65
		Tarla	71.00	45.85	63.06	9.90	15.70
	Mikro Agregat (%)	Orman	14.55	5.54	8.57	3.88	45.25
		Mera	16.08	3.90	9.67	4.91	50.72
		Tarla	43.28	15.42	24.29	11.69	48.14
	Agregat Stabilitesi (%)	Orman	78.00	62.70	72.20	6.57	9.10
		Mera	96.90	67.10	84.00	11.00	13.10
		Tarla	61.80	31.40	49.60	13.14	26.49
SÜREKLİ DONMA	Makro Agregat (%)	Orman	78.75	69.19	74.76	3.64	4.87
		Mera	72.36	61.85	66.00	3.95	5.99
		Tarla	64.96	42.56	56.46	8.45	14.97
	Mikro Agregat (%)	Orman	13.61	10.00	11.74	1.56	13.29
		Mera	22.08	14.54	18.38	2.67	14.51
		Tarla	33.24	17.38	25.83	5.74	22.22
	Agregat Stabilitesi (%)	Orman	94.40	51.70	70.38	18.21	25.88
		Mera	79.90	61.70	71.82	8.02	11.16
		Tarla	69.80	47.00	58.72	8.66	14.75
İKİ KEZ DONMA	Makro Agregat (%)	Orman	80.78	67.50	74.25	5.72	7.71
		Mera	73.51	55.47	61.55	7.44	12.08
		Tarla	64.95	46.07	59.38	7.67	12.92
	Mikro Agregat (%)	Orman	14.26	5.35	9.62	3.94	40.92
		Mera	27.88	14.73	21.77	5.81	26.70
		Tarla	32.24	11.28	20.52	7.79	37.94
	Agregat Stabilitesi (%)	Orman	85.20	56.60	67.94	11.26	16.57
		Mera	79.50	54.20	63.10	9.67	15.32
		Tarla	72.80	44.70	56.92	10.40	18.27

Donma-çözülmenin agregat stabilitesi üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmalarda, organik madde içeriği ile makro agregat stabilitesi (>250 µm) arasında lineer bir ilişkinin olduğu ifade edilmiştir (Six ve ark., 2004; De Gruze ve ark., 2007; Huang ve ark., 2010; Chai ve ark., 2014). Organik madde içeriğindeki artışla birlikte makro agregatta artmaktadır. Çalışmada kullanılan topraklarda en yüksek organik madde içeriği %4.30 ile orman topraklarında bulunmuştur (Çizelge 1). Çizelge 2'de de görüldüğü üzere en yüksek makro agregat yüzdesi orman topraklarındadır. Bulduğumuz bu sonuçlar, yukarıda yapılan çalışmaların sonuçlarını desteklemektedir.

İki kez donma konusunda ise en yüksek makro agregat yüzde değeri orman topraklarında olup (%74.25), mera (61.55) ve tarım (%54.38) arazileri takip etmektedir (Çizelge 2). Sürekli donma ve iki kez donma uygulamalarında, orman arazi kullanım türünde yer alan toprakların makro agregat yüzdelinde bir fark görülmemiştir. Ancak, mera ve tarım arazisinde makro agregat yüzdesi iki kez donma uygulamasında, sürekli donma uygulamasına göre daha düşük olarak belirlenmiştir.

Ele alınan araştırma konuları, farklı arazi kullanımı altındaki toprakların mikro agregat kapsamı üzerine istatistiksel anlamlı bir etki göstermemiştir. Donma uygulaması yapılmayan kontrol konusu uygulaması farklı arazi kullanım türlerinde yer alan topraklar için karşılaştırıldığında, mikro agregat değerleri sırasıyla ile tarım (%24.29), mera (%9.67) ve orman (%8.57) olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Tarım topraklarında toprak işleme, makro agregatların parçalanarak mikro agregatlara dönüşümüne yol açmaktadır. Nitekim araştırma topraklarında tarım toprakları toprak işleme uygulamalarına maruz kalmayan orman ve mera topraklarına göre daha fazla mikro agregat içeriğine sahip olmuştur.

Sürekli donma konusunda, mikro agregat yüzdesi tarım topraklarında %25.83, merada %18.39 ve orman topraklarında ise %11.74 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Donma uygulamaları toprakların mikro agregat kapsamını artırmıştır. Sürekli donma koşullarında, farklı arazi kullanımı

altındaki toprakların, mikro agregat kapsamı üzerinde artırıcı bir etki göstermiştir.

İki kez donma konusunda, merada %21.77 ve tarımda %20.52 gibi birbirine çok yakın mikro agregat yüzdesi değerleri bulunmuştur. Orman topraklarında ise bu değer %9.62'tir (Çizelge 2).

Araştırma sonucunda ıslak elemeyi takiben her iki elekte tutulmayan toprak zerrelere (<0.053 mm) teksel fraksiyonları oluşturmaktadır. Kontrol konuları arazi kullanım türlerine göre karşılaştırıldığında orman (%12.24) ve tarım (%12.65)'da mera (%7.00) arazi kullanım türüne göre daha fazla teksel fraksiyon oranı belirlenmiştir. Mera toprakları toplam agregat içeriği bakımından orman ve tarla topraklarına göre daha iyi durumda olmuştur.

Farklı donma uygulamaları kontrol uygulamasına göre, tüm arazi kullanım türleri için toprakların teksel tane oranını artırmıştır. Bu etki iki kez donmada sürekli donmaya göre daha yüksek olmuştur. En fazla teksel tane %25.10 ile iki kez donma konusunu içeren tarla topraklarında görülmüştür. Sürekli donma uygulaması orman ve tarla arazi kullanım türü topraklar için etkili olmamıştır. Ancak iki kez donma uygulaması durumunda orman topraklarının teksel tane oranı kontrol uygulamasına göre çok az artarken, tarla topraklarının teksel tane oranı %25'e kadar çıkarak uygulamadan etkilenmiştir. Orman topraklarının yüksek organik madde içeriği agregatları güçlü tutarak iki kez donma ve çözülmenin etkisi ile parçalanmaya maruz kalmasını engellerken, tarım topraklarında daha fazla tahribata yol açmıştır.

Dispersiyon Oranı

Dispersiyon oranı topraktaki doğal agregatların su ile temas ettiğinde çözülme (dispersleşme) derecesini gösteren bir indekstir. Eğer topraktaki en küçük boyuta sahip agregatlar dahi suya dayanıklı ise, toprak erozyona karşı dirençli olmaktadır. Farklı arazi kullanımına sahip toprakların dispersiyon oranları üzerine araştırma konularının etkileri Çizelge 4'te verilmiştir. Üç arazi kullanım türündeki toprakların dispersiyon oranları ile araştırma uygulamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

Kontrol konusunda en yüksek dispersiyon oranı sırasıyla tarım (%46.34), mera (%36.48) ve orman (%17.14) arazi kullanım türlerinde belirlenmiştir. Sürekli donma konusunda dispersiyon oranları, tarım (%24.09) ve mera (%23.81) arazi kullanım türlerinde yakın değerler olmuş orman topraklarında ise dispersiyon oranı % 16.23 olarak belirlenmiştir. İki kez donma konusunda sürekli donma koşullarından daha yüksek dispersiyon oranı değerleri bulunmuştur. Tarım (%25.76) ve mera (%24.77) arazi kullanım türlerinde dispersiyon oranı değerleri birbirine yakın, orman topraklarında ise daha düşük (%20.66) dispersiyon oranı değerleri belirlenmiştir.

Farklı arazi kullanımı altındaki tüm topraklar % 15'ten fazla dispersiyon oranı değeri göstererek su erozyonuna hassas olmuştur. Dikkati çeken bir diğer bulgu ise istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte tarım topraklarında donma uygulamaları, toprakların dispersleşme eğilimlerini azaltma yönünde etkide bulunmuştur. Tarla topraklarında mikro agregat yüzdesi daha fazladır. Donma uygulamaları, mikro agregatları daha stabil hale getirerek tarla topraklarında dispersiyon oranının azalmasına katkıda

bulunduğu düşünülmektedir. Bu olumlu katkı makro agregat oranının yüksek olduğu orman arazisinde oluşmamış ve mera arazisinde ise sınırlı kalmıştır. Benzer bir bulgu olarak, toprak işlemeyle bağlı artan mikro agregat miktarı donma-çözülme süreci sonucunda dispersiyon oranında normal koşullara göre bir azalmaya yol açtığı bildirilmektedir (Ahamadou ve Huang, 2013).

Makro Agregat Stabilitesi

Farklı arazi kullanımına sahip topraklar, elenerek makro agregatları mikro agregatlardan ayrılmış ve ayrımı yapılan makro agregatların agregat stabilitesi belirlenmiştir (Çizelge 3). Yapılan istatistiksel değerlendirmeye göre, uygulamalar orman ve tarım arazilerinde toprakların makro agregatlarının agregat stabilitesi üzerinde istatistiksel önemde bir etkiye yol açmamıştır. Mera arazisinde ise sürekli donma uygulaması kontrol konusuna göre önemli düzeyde makro agregat stabilitesini artırıcı yönde etkide bulunmuştur (Çizelge 3). Bu etki iki kez donma uygulamasında kontrol ve sürekli donma uygulaması arasında yer almıştır.

Çizelge 3. Uygulamaların makro agregat stabilitesi üzerine etkisi

Table 3. Impact of applications on macro aggregate stability

Donma Süreçleri	Makro Agregat Stabilitesi (%)		
	Orman	Mera	Tarla
Kontrol Konusu	83.82 ^a	74.82 ^a	75.42 ^a
Sürekli Donma	84.66 ^a	85.08 ^b	74.20 ^a
İki Kez Donma	79.86 ^a	80.74 ^{ab}	68.18 ^a

* Farklı harfle etiketlenen ortalamalar % 5 düzeyinde farklıdır.

Kontrol konusunda, makro agregat stabilitesi her üç arazi kullanım türü için oldukça yüksek değerler vermiştir. Kontrol konusunda makro agregat stabilitesi tarım (%75.42), ve mera (%74.82) için yakın değerlerde olmuş, orman için %83.82 olarak belirlenmiştir. Sürekli donma konusunda, mera (%85.08) ve orman topraklarında (%84.66) bulunan değerler birbirine çok yakın olmuştur. Tarımda ise bu değer %71.82

olmuştur. İki kez donma konusunda da benzer olarak mera (%80.74) ve orman (%79.86) topraklarının agregat stabilite değerleri yakın olmuştur. İki kez donma konusu makro agregat stabilitesi değeri, mikro agregat içeriği daha yüksek olan tarım topraklarında daha fazla etkili olmuş ve makro agregat stabilitesini (%68.18) azaltmıştır. İki kez donma, tüm araştırma konularında makro agregat stabilitesini azaltacak

yönde etkili olmuştur. Sürekli donma ise bir etkide bulunmamıştır. Ardışık donma çözülme ise agregatları zayıflatmıştır.

Agregat Stabilitesi

Alınan toprak örneklerinin donmaya maruz bırakılmadığı kontrol konusunda, orman topraklarının ortalama agregat %72.20, mera topraklarında %84.00 ve tarla topraklarının ise %49.60 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4). Orman ve mera arazisi topraklarının agregat stabiliteyi arasında anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır. Toprağın agregat stabilitesi toprak tekstürü, organik madde içeriği, başlangıçtaki agregat büyüklüğü, toprak su içeriği, iklim, zaman, biyolojik faktörler ile amenajman uygulamalarından yakın bir şekilde etkilenmektedir. Toprak işleme sırasında, agregatlar birbirinden kopmakta, yağmur damlalarının etkisi ile, daha hızlı bir şekilde taşınmakta ve stabilite zayıflamaktadır

(Amezket, 1999). Çalışmada kullanılan tarla topraklarında, geleneksel (pulluk) toprak işleme uygulanmaktadır.

Günümüzde yapılan araştırmalarda, özellikle kurak çevrelerdeki tarım arazilerinde agregat stabilitesinin azaldığı (Cerde, 2011) ve hızlı bir şekilde toprak yüzeyinde kabuklanma meydana geldiği ifade edilmektedir (Angers, 1992). Mevsimsel değişimler, donma-çözülme üzerinde oldukça etkili olmaktadır (Lehrsch ve ark., 1991). Kış mevsiminde yüksek su içeriğine sahip toprakların donması nedeniyle, agregat stabilitesi azalmakta; ilkbahar ve yaz aylarında ise artmaktadır (Dagesse, 2011). Suwardji ve Eberbach (1998), farklı arazi kullanımı altındaki toprakların agregat stabiliteyi mevsimlere bağlı değişimlerini araştırmışlardır. Agregat stabilitesi kış aylarında değişirken; yaz ayında arttığını saptamışlardır. Bu duruma ise, toprağı su içeriği, organik madde miktarı ve canlıların neden olduğunu ifade etmişlerdir.

Çizelge 4. Uygulamaların agregat stabilitesi üzerine etkisi

Table 4. *Impact of applications on aggregate stability*

Donma Süreçleri	Agregat Stabilitesi (%)		
	Orman	Mera	Tarla
Kontrol Konusu	70.76 ^a	84.00 ^a	49.60 ^a
Sürekli Donma	70.38 ^a	71.82 ^{ab}	58.72 ^a
İki Kez Donma	67.94 ^a	63.10 ^b	56.92 ^a

* Farklı harfle etiketlenen ortalamalar % 5 düzeyinde farklıdır.

Sürekli donma konusu, toprakların agregat stabilite değerini orman arazi kullanımında (%70.38) etkilememiş, mera arazi kullanımında (%71.82) ise azaltmıştır. Tarla topraklarının agregat stabilitesi (%58.72) istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte sürekli donma uygulamasıyla artmıştır (Çizelge 4). Toprakların tekstürü, donma-çözülme üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Killi, siltli killi ve killi tınlı toprakların agregat stabiliteyi, donma sırasında arttığı yapılan çalışmalarda ifade edilmiştir (Bryan, 1971). Kaba tekstürlü topraklarda ise

agregat stabilitesinin çok az ya da hiç artış göstermediği belirtilmiştir (Bisal ve Nielsen, 1967). Bisal ve Nielsen (1967), düşük nem içeriğine sahip kumlu tınlı topraklarda yaptıkları çalışmada; toprakların agregat stabilitesinin donma sürecinden çok fazla etkilenmediği ancak, kuruma esnasında artış gösterdiğini ifade etmişlerdir. Kaba tekstürlü topraklarda su, gözenekler içerisinde kolay bir şekilde hareket etmekte ve dışarıya çıkabilmektedir. Donma sırasında büyük buz kütleleri oluşmamaktadır. Ancak, ince tekstürlü topraklarda suyun hareketi

kısıtlı olmasından dolayı, büyük buz kütleleri meydana gelmekte ve bunun sonucunda dayanım artmaktadır. Çalışmada kullanılan topraklar kumlu tınlı tekstüre sahiptir (Çizelge 1). Bulunan sonuçlardan, sürekli donma koşullarından çok fazla etkilenmediği görülmektedir. Bu durum iki kez donma konusunda donma ve çözülmeye bağlı olarak bir miktar azalmıştır (Çizelge 4)

İki kez donma konusunda, orman (%67.94) ve tarla (%56.92) topraklarının agregat stabilitesi değeri diğer araştırma uygulamalarından anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Mera (%63.10) ise kontrol uygulamalarına göre önemli düzeyde olmak üzere agregat stabilitesi azalmıştır (Çizelge 4). Toprağın nem içeriğine bağlı olarak ilk donma sürecinde, agregat stabilitesi artmaktadır. Lehrsche ve ark. (1993), porların içerisindeki buz kütlelerinin ya da toprak partiküllerinin yakınındaki buz kütlelerinin bu duruma neden olduğunu ifade etmiştir. Donma-çözülmenin sayısı arttıkça, agregat stabilitesi de azalmaktadır. Mostaghimi ve ark. (1988), 3 ya da 6 kez donma çözülme sürecinin agregat stabilitesini azalttığını ifade etmiştir. Lehrsche ve ark. (1998) ise, bu sürecin 2 ila 4 arasında olduğunu saptamıştır. Çalışmamızda bulunan sonuçlar, Lehrsche ve ark. (1998) tarafından bulunan sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

4.Sonuç

Donma çözülme uygulamaları toprakların fiziksel özellikleri üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Ancak bu etki tek başına donma çözülme uygulamasına bağlı olmayıp toprakların nem içeriği, organik madde kapsamı ve diğer özelliklerinin de etkisi altındadır. Donma ve çözülme toprakların sahip olduğu karmaşık özelliklere bağlı olarak olumlu ve olumsuz etkide bulunabilmektedir. Genel olarak sürekli donma uygulaması iki kez donma uygulamasına göre toprakların agregasyon özellikleri üzerinde daha olumlu katkılar sağlamıştır.

Kaynaklar

- Ahamadou B ve Huang QY (2013). Impacts of agricultural management practices on soil quality. In: Xu J., Sparks D.L. (Eds.), *Molecular Environmental Soil Science*. Book Series: Progress In Soil Science, Springer Netherlands, P. 429-480.
- Amezketta E (1999). Soil aggregate stability: A Review. *Journal of Sustainable Agriculture*. 14: 83-171.
- Angers DA (1992). Changes in soil aggregation ve organic carbon under corn and alfalfa. *Soil Science Society of American Journal*. 56: 1244-1249.
- Anonim(2007).<http://www.eijkelkamp.com/Portals/2/Eijelkamp/Files/M101813e%20sieving%20method.pdf> [Erişim Tarihi; 23.12.2007].
- Anonim (2015). Tokat iklim verileri. *Metereoloji Genel Müdürlüğü*.
- Bryan RB (1971). The influence of frost action on soil aggregate stability. *Transactions of The Institute of British Geographers*. 54: 71-85.
- Bısal F ve Nielsen, KF (1967). Effect of frost action on the size of soil aggregate. *Soil Sci*. 104, 268-72.
- Caron J, Espindola CR, Angers DA (1996). Soil structural stability during rapid wetting: influence of land use on some aggregate properties. *Soil Science Society of American Journal*. 60: 901-908.
- Cerda A (2000). Aggregate stability against water forces under different climates on agriculture land and scrublve in southern Bolivia. *Soil & Tillage Research* 57: 159±166.
- Chai YJ, Zeng XB, E SZ, Bai LY, Su SM ve Huang T (2014). Effects of freeze-thaw on aggregate stability and the organic carbon and nitrogen enrichment ratios in aggregate fractions. *Soil Use ve Management*, December 2014, 30, 507-516.
- Dagesse D (2011). Effect of freeze-drying on soil aggregate stability. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 75:2111-2121.
- De Gryze S, Bossuyt H, Six J, Van Meirvenne M, Govers Gve Merckx R (2007). Factors controlling aggregation in a minimum and a conventionally tilled undulating field. *European. Journal of Soil Science*, 58, 1017-1026.
- Huan, L, Wang CY, Tan WF, Hu HQ, Cai CF ve Wang MK (2010). Distribution of organic matter in aggregates of eroded Ultisols, Central China. *Soil & Tillage Research*, 108: 59-67.
- Kacar B (1995). Bitki ve toprağın kimyasal analizleri. III. toprak analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No:3, Ss 705. Ankara.
- Koçyiğit R ve Demirci S (2012). Long term changes of aggregate associated and labile soil organic carbon and nitrogen after conversion from forest to grassland and cropland in northern turkey. *Land Degradation and Development*. 23: 475-482.

- Kværnø S ve Øygarden L (2006). The influence of freeze-thaw cycles and soil moisture on aggregate stability of three soils in Norway, *Catena*. 67: 175-182.
- Larney FJ, Lindwall CW ve Bullock MS (1994). Fallow management and overwinter effects on wind erodibility in southern Alberta. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:1788-1794.
doi:10.2136/sssaj1994.03615995005800060030x.
- Layton JB, Skidmore SD ve Thompson CA (1993). Winter-associated changes in dry-soil aggregation as influenced by management. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57:1568-1572.
doi:10.2136/sssaj1993.03615995005700060029x.
- Le Bissonnais Y (1988). Analyse des mécanismes de désagrégation et de lamobilisation des particules de terre sous l'action des pluies. Université d'Orléans, Thèse de Doctorat.
- Lehrsch GA, Soika RE, Carter DL, Jolley PM (1991). Freezing effect on aggregate stability affected by texture mineralogy ve organic matter. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55: 1401406.
- Lehrsch GA, Sojka RE ve Jolley PM (1993). Freezing effects on aggregate stability of soils amended with lime and gypsum. In *Soil surface sealing and crusting*. J. W. A. Poesen and M. A. Nearing (eds.). Catena Verlag, Cremlingen-Destedt, Germany, pp. 115-127.
- Lehrsch GA (1998). Freeze/thaw cycles increase near surface aggregate stability. *Soil Sci.* 163: 63-70.
- Li SX, Nan ZT, Zhao L (2002). Impact of freezing and thawing on energy exchange between the system and environment. *J Glaciol Geocryo (in Chinese)*. 24: 109-115.
- Linnell ME (2013). The effect of soil freeze thaw on soil aggregate breakdown and concomitant sediment flow in Prince Edward Islve: A Review, *Can. J. Soil Sci.* 93: 459-472.
- Mbagwu JSC ve Bazzoffi P (1989). Effect of antecedent matric potential on the stability of soil aggregates subjected to cyclic freezing and thawing as evaluated by three structural indices. *Soil echnol.* 2 (1), 59-70.
- Mostaghimi S, Young RA, Wilts AR ve Kenime AL (1988). Effects of frost action on soil aggregate stability. *Trans Of ASAE*, 31(2), 435-439.
- Nelson DW ve Sommer LE (1982). Total carbon, organic carbon, and organic matter. P.539-579 in A.L. Page (Ed.) *Methods of Soil Analysis*. 2nd Ed. ASA Monogr. 9(2). Amer. Soc. Agron. Madison, WI.
- Oğuz İ (1993). Köy Hizmetleri Tokat Araştırma Enstitüsü Arazisinin toprak etüdü, haritalaması ve sınıflandırılması. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. Tokat, 34s.
- Öztaş T ve Fayetorbay F (2003). Effect of freezing and thawing processes on soil aggregate stability. *Catena*. 52: 1-8.
- Perfect E, van Loon WKP, Kay BD ve Groenevelt PH (1990b). Influence of ice segregation and solutes on soil structural stability. *Can. J. Soil Sci.* 70:571-581.
doi:10.4141/cjss90-060.
- Piku, JL, Zuzel JF ve Greenwalt RN (1986). Formation of soil frost as influenced by tillage and residue management. *J. Soil Water Conserv.* 41:196-199.
- Sharratt BS (2002). Corn stubble height and residue placement in the northern US Corn Belt: I. Soil physical environment during winter. *Soil Tillage Res.* 64:243-252. doi:10.1016/S0167-1987(01)00260-4.
- Six J, Bossuyt H, Degryze S, Denef K (2004). A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota and soil organic matter dynamics. *Soil Till Res.* 79: 7-31.
- SPSS Statistics (2005). *SPSS for Windows*. Student Version. Inc.
- Suwardji P, Eberbach PL (1998) Seasonal changes of physical properties of an Oxic Paleustalf Red Kveosol) after 16 years of direct drilling or conventional cultivation. *Soil ve Tillage Research* 49, 65-77.
- Wan G N, Yang MX, Wang X J (2012) Variations in soil temperature at BJ site on the central Tibetan Plateau. *Journal of Mountain Science* 9(2): 274-285. DOI: 10.1007/s11629-012-2147-6.
- Yılmaz E ve Alagöz Z (2005). Organik materyal uygulamasının toprağın agregat oluşumu ve stabilitesi üzerine etkisi. *Akdeniz Üni. Ziraat Fakültesi Dergisi*. 18 (1).131-138.