

PORTLAND ÇİMENTOSUNUN OLUŞTURDUĞU TOPRAK AGREGAT STABİLİTESİNE DONMA-ÇÖZÜLME VE SICAKLIĞIN ETKİSİ

Cevdet ŞEKER

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü – 42031 Konya

ÖZET

Bu çalışmada, kaymak tabakası problemi bulunan bir toprağa ilave edilen portland çimentosunun oluşturduğu agregatların stabilitesine, donma-çözülmenin etkisi laboratuvar şartlarında araştırılmıştır. Saksılardaki topraklar tarla kapasitesine gelinceye kadar saf su ile ıslatılmış ve 100 günlük inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyonun 25. ve 100. günlerinde 1-2 mm arası agregatların stabiliteeleri hem donma-çözülme öncesi ve hem de donma-çözülme sonrası yapılmıştır. Tarla kapasitesinde ıslatılan agregatlar beş defa -12°C 'de donma-çözülme çevrimine tabi tutulmuştur. Sonuçta, 25 ve 100 günlük inkübasyon sonunda portland çimentosu ilavesiyle oluşan agregatların ortalama % 59.19 ve % 54.26'sı bozulurken, bu oran kontrol örneğinde % 29.91 ve % 53.68 olmuştur. Ayrıca % 0 ve % 4 oranında portland çimentosu ilave edilen örnekler oda şartlarında, 25, 30, 35, 40, 45 ve 50°C sıcaklıklarda bekletilmiştir. En yüksek agregat stabilitesi (%42.47) 30°C sıcaklık uygulamasında ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kaymak tabakası, agregat stabilitesi, donma-çözülme, sıcaklık.

EFFECT OF FREEZING-THAWING AND TEMPERATURE ON AGGREGATE STABILITY CREATED BY PORTLAND CEMENT

ABSTRACT

In this research, effect of freezing-thawing and temperature on aggregate stability created by portland cement in a crusting soil were investigated under the laboratory conditions. Soil sample in the pots were equilibrated at field capacity water content and left for incubation a hundred days. Aggregate stability of the soil aggregates 1 to 2 mm were determined at 25th and 100th days of incubation before and after the freezing-thawing. The aggregates were packed in plastic cores and equilibrated at field capacity water content subjected to 5 freezing-thawing cycles at -12°C . In the result, while average breakdown ration of the aggregates created by portland cement were 59.19 and 54.26 % at 25 and 100 days of incubation, respectively, breakdown ration of the aggregates in the control sample were 29.92 and 53.68 % at 25 and 100 days of incubation, respectively. In addition, the soil samples treated with 4 % of portland cement and control equilibrated at field capacity water content were incubated at the room condition and 25, 30, 35, 40, 45 and 50°C . The highest aggregate stability value (42.47 %) was measured at 30°C .

Key words: Crusting, aggregate stability, freezing-thawing, temperature.

GİRİŞ

Kaymak tabakası özellikle kurak ve yarı kurak bölge topraklarında, yağış veya sulamayı takip eden hızlı kurumadan sonra oluşmaktadır. Bir kısım toprak agregatları toprak işleme, damlanın kinetik enerjisi, donma-çözülme ve ıslanma-kuruma etkisiyle dağılırlar. Dağılan bu parçacıklar suyun etkisiyle yeniden istiflenerek, toprağın kurumasıyla yüzeyde sıkı bir kabuk tabakası oluştururlar. Oluşan kabuğun özellikleri birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Toprağın tekstürü, organik madde kapsamı, agregat stabilitesi, değişebilir katyonların cins ve miktarı, yüzeyin malçlı olup olmaması, damlanın kinetik enerjisi, sulama suyunun tuz konsantrasyonu ve cinsi bu faktörler arasında sayılabilir (Gerard, 1965; Ferry ve Olsen, 1975; Agassi ve ark., 1981; Hussain ve ark., 1985; Arshad ve Mermut, 1988; Çanga, 1989; Canpolat, 1992; Şeker ve Karakaplan, 1999).

Kaymak tabakası gerek toprak ile atmosfer arasındaki su ve hava hareketini azalttığı, gerekse mekaniki engel oluşturduğu için bitkilerin toprak altı ve toprak üstü aksamalarının gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir (Domby ve Kohnke, 1956). Kaymak tabakası infiltrasyonu azalttığı için toprakta depolanan su miktarını ve dolayısıyla bitkilere faydalı su oranını düşürür. İnfiltrasyonu azaltarak yüzey akışı artırır ve erozyonun artmasına sebep olur (Hillel

ve Gardener, 1970; Morin ve ark., 1981). Kaymak tabakası çimlenen tohumdan çıkan sürgünlerin toprak yüzeyine ulaşmasını zorlaştırır (Hanks ve Thorp, 1957; Chaudhri ve ark., 1976; Nuttal, 1982; Kumar ve Hazra, 1989).

Toprak yüzeyinde kaymak tabakası oluşumunun önlenmesi veya azaltılması ile ilgili olarak birçok araştırma yapılmıştır. Bu çalışmaların birçoğunda toprakların düşük olan agregat stabiliteeleri artırılarak kaymak tabakası oluşumu önlenmeye çalışılmıştır. Bunun için; bitki artıkları, ahır gübresi, çöp gübresi, kanalizasyon atıkları gibi çeşitli organik materyaller ile fosforik asit, hidroklorik asit, portland çimentosu, çeşitli petrol türevleri ve benzeri materyaller kullanılmıştır (Ahuja ve Swartzendruber, 1972; Hafez, 1974; Lutz ve Haque, 1975; Stivers ve ark., 1977; Gür, 1982; Sönmez, 1982; Berkman, 1986; Diebicki ve Wontroba, 1986; Şeker, 2003).

Bayramın ve Özkan (1989), 0-0.8 mm, 0.8-1.2 mm ve 1.2-2.0 mm arası üç farklı agregat grubunu doyunluk ve 0.5 barlık nem seviyelerine getirerek, -6 ve -18°C sıcaklıklarda 20 kez donma-çözülme çevrimine tabi tutmuşlardır. Bu işlemler neticesinde her iki nem seviyesinde ve her iki donma sıcaklığında da agregat stabilitesinin önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir.

Silinmiş: yaygın olarak

Çeşitli araştırmacılara yaptıkları çalışmalarda; değişik toprakları farklı nemlerde ve farklı sayılarda donma-çözülme çevrimlerine tabi tutmuşlar, buna göre nem miktarı ve donma çözülme sayısı arttıkça agregat stabilitesinin önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir (Benoit, 1973; Lehrs ve ark., 1991 ; Özdemir ve Akgül, 1995) .

Kaymak tabakası oluşumunun önlenmesi ile ilgili olarak yapılan araştırmaların çoğunda toprakların agregat stabiliteyi artırılarak problem giderilmeye çalışılmıştır. Bu araştırmanın amacı; kaymak tabakası problemi bulunan bir toprağa ilave edilen portland çimentosunun oluşturacağı agregatların stabilitesine, donma-çözülme ve sıcaklığın etkisini belirlemektir.

MATERYAL VE METOD

Materyal

Araştırmada kullanılan toprak örneği Konya ovasındaki, yoğun kaymak tabakası problemi bulunan bir tarım arazinin 0-15 cm derinliğinden alınmıştır (Şeker, 2003). Bu toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Siltli tın tekstüre (Aquic Haplocalcides) sahip olan toprağın pH'sı 8.14, EC'si 1.45 dS m^{-1} , organik madde içeriği % 1.89, kireç içeriği % 60, kation değişim kapasitesi 24 cmol kg^{-1} , tarla kapasitesi % 31, agregat stabilitesi % 14 ve kırılma değeri 535 kPa olarak ölçülmüştür (Tablo 1). Araştırmada kullanılan toprak örneğinin pH, kireç içeriği ve kırılma değeri yüksek, organik madde içeriği ve agregat stabilitesi değerleri ise düşüktür.

Çalışmada kullanılan portland çimentosu Konya Çimento Fabrikasından temin edilmiş olup, beyan edilen bileşimi % 56 CaO, % 25.5 SiO₂, % 6.6 Al₂O₃, % 3 Fe₂O₃, % 2.7 SO₃ ve % 1.3 MgO şeklindedir.

Metod

Araziden getirilen toprak örneği, havada kurutulup 2 mm'lik elekten geçirildikten sonra denemede kullanılmıştır. Fırın kuru ağırlık esasına göre, 18x18 cm ebatlarındaki plastik saksılara, 3000 g toprak örneği doldurulmuştur. Üç tekerrürlü olarak yürütülen çalışmada uygulamalar; kontrol (hiçbir uygulama yapılmamış) ve ağırlık esasına göre % 2, 4 ve 6 oranlarında portland çimentosu karıştırılması şeklinde yapılmıştır.

Tablo 1. Denemede Kullanılan Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri*

Tane Büyüklüğü Dağılımı (%)	Bünye pH**	EC**	Organik Madde (%)	CaCO ₃ (%)	KDK (cmol kg ⁻¹)	TK (%)	AS (%)	MR (%)			
Kil	Silt	Kum	Smifi	(dS m ⁻¹)							
20	64	16	SiL	8.14	1.45	1.89	60	24	31	14	535

* : Analizler 2 mm'den elenmiş topraklarda, üç tekerrürlü olarak yapılmıştır; ** : 1:2.5'lük toprak su karışımında ölçülmüştür; EC; Elektriksel İletkenlik, KDK; Kation Değişim Kapasitesi, TK; Tarla Kapasitesi, AS; Agregat Stabilitesi, MR; Kırılma Değeri.

Mekanik analiz; "Bouyoucos Hidrometresi" yöntemiyle (Day, 1965), tarla kapasitesi; basınç tablası kullanılarak belirlenmiştir (Peters, 1965). Toprak örneklerinin agregat stabilitesi değerlerinin belirlenmesinde "ıslak eleme" yöntemi kullanılmış ve bunun için Kemper (1965) esas alınmıştır. Deneme topraklarının kırılma değerini saptamada, Richards'ın (1953)

Saksılardaki topraklar tarla kapasitesine gelinceye kadar saf su ile ıslatılmıştır. Saksılar haftada bir tartılarak eksilen ağırlıklar yine saf su ile tamamlanmıştır. Saksı içeriğinin homojenliğini sağlamak ve toprak işleminin mekanik parçalamaya etkisini oluşturmak için her 12 günde bir küçük el küreği ile iyice karıştırılmıştır. İlk ıslatmadan itibaren 25 gün sonra 250 g alt örnek alınmıştır. İnkübasyon işlemlerine yukarıda belirtildiği gibi devam edilmiş, 100 gün sonunda tekrar 250 g ikinci bir alt örnek daha alınmıştır. Alt örnekler hava kurusu ağırlığa geldikten sonra, her bir alt örnekte iki tekerrürlü olarak agregat stabilitesi tayini yapılmıştır. Ayrıca, hava kurusu alt örneklerden ayrılan 1-2 mm arası agregatlar küçük plastik kutulara yerleştirilerek tarla kapasitesinde ıslatılmıştır. Islatılan örnekler -12 °C'de 24 saat süreyle dondurulduktan sonra 24 saat oda sıcaklığında çözülmeye bırakılmıştır. Donma-çözülme işlemi beş defa tekrarlanarak hava kurusu hale getirilen agregatların stabilitesi ıslak eleme yöntemiyle belirlenmiştir (Kemper, 1965). Böylece, inkübasyonun 25. ve 100. gününde oluşan agregatların stabiliteyi hem donma-çözülme öncesi ve hem de donma-çözülme sonrası belirlenmiştir.

İnkübasyon denemesi sonucunda, % 4'lük portland çimentosu dozunun satabil agregat oluşturmada yeterli olduğu belirlenmiştir. Bundan dolayı, çalışmanın ikinci aşamasında % 4 portland çimentosu kullanılarak stabil agregat oluşumuna sıcaklığın etkisi incelenmiştir. Bunun için, fırın kuru ağırlık esasına göre 2 mm'den elenmiş 500 g alt örnekler çapı 30 cm, yüksekliği 4 cm olan dokuz tavaya konmuştur. Bu tavalardan yedisine ağırlık esasına göre % 4 portland çimentosu ilave edilerek karıştırılmıştır. Diğer iki tava ise kontrol olarak kullanılmıştır. Örnekler inkübasyona alınmadan önce damla damla saf su uygulanarak tarla kapasitesine getirilmiştir. Kontrolde ve % 4 portland çimentosu ilave edilen tavalardan bir tanesi sabit ağırlığa gelinceye kadar dış ortamda bırakılmıştır. Dış ortam sıcaklığı 0-10 °C arasında değişmiştir. Diğer tavalardan her biri sırasıyla 25, 30, 35, 40, 45 ve 50 °C sıcaklıklarda sabit ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir. İşlem sonunda tüm tavalardaki örnekler 2 mm'lik eleklerden geçirilmiş ve üç alt örnek alınarak agregat stabilitesi tayinleri yapılmıştır.

Silinmiş: METOT

Silinmiş: Metod

geliştirdiği ve Reeve (1965) tarafından ayrıntıları verilen kırılma değeri ölçme yöntemi kullanılmıştır. Toprakların pH değerleri 1:2.5'lük toprak-su karışımında (Peech, 1965), elektriksel iletkenlik aleti kullanılarak tayin edilmiştir (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954). Organik madde, "Smith Weldon" yöntemi uygulanarak tayin edilmiştir (Allison, 1965). Örnekle-

rin kireç içerikleri "Scheibler Kalsimetresi" ile belirlenmiştir (Allison ve Moodie, 1965). Örneklerin kation değişim kapasitesi (KDK) "Bower" yöntemine göre belirlenmiştir (U.S. Salinity Lab. Staff., 1954).

İstatistiksel değerlendirmede, elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuş (Minitab, 1995), önemli çıkan değerler arasındaki farkı ortaya koymak için 0.01 önem seviyesinde LSD testi uygulanmıştır (Snedecor ve Cochran, 1980).

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Donma ve Çözülmenin Agregat Stabilitesine Etkisi

Materyal ve metod bölümünde anlatıldığı gibi hazırlanan toprak agregatlarının donma-çözülme neticesinde uğradığı değişim ve bu değişimlerin LSD testine göre grupları Tablo 2'de sunulmuştur.

İnkübasyonun 25. gününde kontrol ve portland çimentosu uygulaması sonucu oluşan agregatların donma-çözülme işleminden önemli ölçüde etkilendiği ortaya çıkmıştır. Kontrol örneğinde donma-çözülme işlemi öncesi % 8.19 olan agregat stabilitesi, donma-çözülme işlemi sonucunda % 5.74'e düşmüştür. Donma-çözülme öncesi portland çimentosunun % 2, 4 ve 6 dozlarında ilave edildiği örneklerin agregat stabiliteeleri sırasıyla; % 16.8, 37.64 ve 55.94 olarak ölçülürken, donma-çözülme işlemi sonrası bu örneklerin agregat stabiliteeleri sırasıyla; % 7.21, 12.12 ve 25.03'e düşmüştür. Donma-çözülme işlemi agregat stabilitesi değerlerini hem kontrol örneğinde ve hem de portland çimentosu ilave edilen örneklerde önemli ölçüde azaltmıştır. Kontrol örneğinde bozulan agregatların oranı % 2.45 iken, % 6 dozunda portland çimentosu ilave edilen örnekte bozulan agregatların oranı % 30.91 olmuştur. İlave edilen portland çimen-

tosunun miktarı arttıkça donma-çözülme sonucu bozulan agregatların miktarı da artmıştır. Donma-çözülme sonucu agregatların bozulma oranı kontrol örneğinde % 29.91 olarak hesaplanırken, portland çimentosunun % 2, 4 ve 6 oranlarda karıştırıldığı örneklerde agregatların bozulma oranları ise sırasıyla; % 55.16, 67.80 ve 55.26 olarak hesaplanmıştır. Portland çimentosu uygulamalarından hesaplanan ortalama agregat stabilitesi bozulma oranı % 59.19 olmuştur (Tablo 2).

Tablo 2'den görüldüğü gibi, inkübasyonun 100. gününde kontrol ve portland çimentosu uygulaması sonucu oluşan agregatların donma-çözülme işleminden önemli ölçüde etkilendiği ortaya çıkmıştır. Kontrol örneğinde donma-çözülme işlemi öncesi % 5.16 olan agregat stabilitesi, donma-çözülme işlemi sonucunda % 2.39'a düşmüştür. Donma-çözülme öncesi portland çimentosunun % 2, 4 ve 6 oranlarında ilave edildiği örneklerin agregat stabiliteeleri sırasıyla; % 12.75, 34.19 ve 55.02 olarak ölçülürken, donma-çözülme işlemi sonrası bu örneklerin agregat stabiliteeleri sırasıyla; % 5.43, 10.86 ve 34.59'a düşmüştür. Donma-çözülme işlemi agregat stabilitesi değerlerini hem kontrol örneğinde ve hem de portland çimentosu ilave edilen örneklerde önemli ölçüde azaltmıştır. Kontrol örneğinde bozulan agregatların oranı % 2.77 iken, % 6 dozunda portland çimentosu ilave edilen örnekte bozulan agregatların oranı % 20.43 olmuştur. Donma-çözülme sonucu agregatların bozulma oranı kontrol örneğinde % 53.68 olarak hesaplanırken, portland çimentosunun % 2, 4 ve 6 oranlarda karıştırıldığı örneklerde agregatların bozulma oranları sırasıyla; % 57.41, 68.24 ve 37.14 olarak hesaplanmıştır. Portland çimentosu uygulamalarından hesaplanan ortalama agregat stabilitesi bozulma oranı ise % 54.26 olmuştur.

Tablo 2. Portland Çimentosu İlavesinden 25 ve 100 Gün Sonra Ölçülen Agregat Stabilitesine Donma-çözülmenin Etkisi*

25 Günlük inkübasyon sonunda ölçülen AS					100 Günlük inkübasyon sonunda ölçülen AS				
PÇ Dozu (%)	DÇ öncesi AS (%)	DÇ sonrası AS (%)	DÇ sonucu BAS (%)	DÇ sonucu ASBO (%)	DÇ öncesi AS (%)	DÇ sonrası AS (%)	DÇ sonucu BAS (%)	DÇ sonucu ASBO (%)	
0	8.19Ad	5.74Bd	2.45	-29.91	5.16Ad	2.39Bd	2.77	-53.68	
2	16.08Ac	7.21Bc	8.87	-55.16	12.75Ac	5.43Bc	7.32	-57.41	
4	37.64Ab	12.12Bb	25.52	-67.80	34.19Ab	10.86Bb	23.33	-68.24	
6	55.94Aa	25.03Ba	30.91	-55.26	55.02Aa	34.59Ba	20.43	-37.13	
Ortalama				-59.19**				-54.26**	

* : $P < 0.01$; ** : Portland çimentosu uygulamalarının ortalaması; PÇ; Portland çimentosu, DÇ; Donma-çözülme, AS; Agregat stabilitesi, BAS; Donma-çözülme sonucu bozulan agregatların stabilitesi (DÇ öncesi AS-DÇ sonrası AS), ASBO; Agregat stabilitesi bozulma oranı (DÇ öncesi AS-DÇ sonrası AS/DÇ öncesi AS x 100); A-B; Büyük harfler satırın LSD grubunu göstermektedir

a-c; Küçük harfler sütünün LSD grubunu göstermektedir.

Sonuçlardan da görüleceği gibi; portland çimentosu uygulaması inkübasyonun 25. ve 100. günlerinde ölçülen agregat stabilitesini önemli ölçüde artırmıştır. Bu artış, portland çimentosu dozundaki artışa paralel olmuştur. Yirmi beş günlük inkübasyon sonunda portland çimentosu ilavesiyle oluşan agregatların ortalama % 59.19'u bozulurken, bu oran kontrol örneğinde % 29.91'de kalmıştır. Yüz günlük inkübasyon

sonunda portland çimentosu ilavesiyle oluşan agregatların ortalama % 54.26's bozulurken, bu oran kontrol örneğinde % 53.68'de kalmıştır. Portland çimentosu uygulamaları ile oluşan agregatların yarıdan fazlası donma-çözülme işlemi sonucu bozulurken, özellikle 25 günlük inkübasyon sonundaki kontrol örneğinde bu oran daha düşük seviyede bulunmuştur. Bilindiği üzere, su donduğu zaman hacminde artış

meydana gelmekte, bu olay kapalı ortamlarda gerçekleşiyorsa yüksek basınçlara neden olmaktadır. Toprak agregatları içerisindeki su da donduğu zaman oluşan basınç nedeniyle büyük agregatlar daha küçük agregatlara bölünürler. Bu durum çimentonun oluşturduğu agregatlarda da ortaya çıkmıştır. Sonuçlar literatürler ile uyum içerisinde (Benoit ve Bornstein, 1970; Benoit, 1973; Bayramin ve Özkan, 1989; Lehrsich ve ark., 1991; Özdemir ve Akgül, 1995).

Farklı Sıcaklıkların Portland Çimentosunun Agregat Oluşturmasına Etkisi

Materyal ve metod bölümünde anlatıldığı gibi farklı sıcaklık değerlerine sahip ortamlarda % 0 ve 4 oranlarında portland çimentosu ilavesiyle oluşan agregatların, agregat stabilitesi değerleri ve bu değerlerin LSD testine göre grupları Tablo 3'de sunulmuştur.

Agregat stabilitesi değeri en yüksek olarak % 52.47 ile 30 °C sıcaklık uygulamasında ölçülmüştür. Bunu, aralarında istatistiksel olarak fark olmayan 25 ve 40 °C sıcaklık uygulamaları izlemiştir. Bu sıcaklıklarda ölçülen agregat stabilitesi değerleri sırasıyla; % 37.13 ve % 34.10 olmuştur. Üçüncü grupta ise 35 °C,

Tablo 3. Farklı Sıcaklık Değerlerinin Portland Çimentosunun Oluşturduğu Agregatların Stabilitesine Etkisi*

Sıcaklık (°C)	DŞ	DŞ	25	25	30	35	40	45	50
PÇ dozu (%)	0	4	0	4	4	4	4	4	4
AG (%)	3.29c	25.41b	3.66c	37.13ab	52.47a	30.20b	34.10ab	26.60b	26.50b

* : p<0.01.;PÇ; Portland çimentosu, AG; Agregat stabilitesi, DŞ; Dış ortam sıcaklığı (0-10 °C).

KAYNAKLAR

Agassi, M., Shainberg, I. ve Morin, J., 1981. Effect of electrolyte concentration and soil sodicity on the infiltration rate and crust formation. *Soil Science Society of American Journal*, 45, 848-851.

Ahuja, L.A. ve Swartzendruber, D., 1972. Effects of Portland cement on soil aggregation and hydraulic properties. *Soil Science*, 114, 359-366.

Allison, L.E., 1965. Organic carbon. In: *Methods of Soil Analysis, Part II*, (ed C.A. Black), pp. 1367-1378. American Society of Agronomy, Madison, WI.

Allison, L.E. ve Moodie C.D., 1965. Carbonate. In: *Methods of Soil Analysis, Part II*, (ed C.A. Black), pp. 1379-1396. American Society of Agronomy, Madison, WI.

Arshad, M.A. ve Mermut, A.R., 1988. Micromorphological and physico-chemical characteristics of soil crusting types in Northwestern Alberta. Canada. *Soil Science Society of American Journal*, 52, 724-729.

Bayramin, M. ve Özkan, İ., 1989. Donma ve çözülmenin toprak agregasyonuna ve hidrolik iletkenliğe etkileri. Toprak İlmî Derneği 10. Bilimsel Toplantı Tebliğleri, Yayın no:5, 4-1: 4-9.

45 °C, 50 °C ve DŞ (% 4 PÇ) uygulamaları yer almıştır. Bu uygulamaların agregat stabilitesi değerleri sırasıyla; % 30.20, % 26.60, % 26.50 ve % 25.41 olarak ölçülmüştür. Son grubu ise 25 °C (% 0 PÇ) ve DŞ (% 0 PÇ) uygulamaları oluşturmuştur. Son grubun agregat stabilitesi değerleri sırasıyla; % 3.66 ve 3.29 olarak ölçülmüştür (Tablo 3).

Buradan da anlaşılacağı üzere; portland çimentosu uygulamaları ile topraklarda agregatlaşma sağlanmak istendiğinde bunun için en uygun sıcaklığın 30 °C olduğu görülmektedir. Diğer taraftan, 25 °C ve 40 °C sıcaklıklarda da agregatlaşmanın önemli artış gösterdiği belirlenmiştir.

Sonuç olarak; agregat stabilitesi düşük olan bir toprağa farklı dozlarda ilave edilen portland çimentosu agregat stabilitesinde önemli artışlar meydana getirmiştir. Oluşan bu agregatların yaklaşık yarısı donma-çözülmeye dayanmıştır. Portland çimentosu ilavesiyle oluşan agregatlar 100 günlük inkübasyon sonunda da stabilitelelerini sürdürmüştür. Dolayısıyla, portland çimentosunun oluşturacağı agregatlar toprakta uzun süre kalabilecek niteliktedir. Bunun arazi çalışmalarıyla belirlenmesi gerekmektedir.

Berkman, A., 1996. Topraklarda kaymak tabakası oluşumunu ve kaymak sertliğini etkileyen faktörlerin laboratuvar koşullarında araştırılması. Toprak İlmî Derneği 9. Bilimsel Toplantı Tebliğleri, Adana, 4, 18-29.

Benoit, G.R. ve Bornstein, J., 1970. Freezing and thawing effect on drainage. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 34, 551-557.

Benoit, G.R., 1973. Effect of freezing-thaw cycles on aggregate stability and hydraulic conductivity of three soil aggregate sizes. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 37, 3-5.

Canpolat, M.Y., 1992. Toprağa Organik Materyal İlavesinin Toprağın Organik Maddesi, Agregat Stabilitesi ve Geçirgenliği Üzerine Etkileri. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 23 (2), 113-123.

Chaudhri, K.G., Brown, K.W. ve Holder, C.B., 1976. Reduction of crust impedance to simulated seedling emergence by the addition of manure. *Soil Science*, 122, 216-22.

Çanga, M.R., 1989. Yoğun yapay yağışın üst toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi. Toprak İlmî Derneği 10. Bilimsel Toplantı Tebliğleri, Yayın No:5.

Day, P.R., 1965. Particle fractionation and particle-size analysis. In: *Methods of Soil Analysis, Part I*,

Silinmiş: Kaymak

Silinmiş: Tabakası

Silinmiş: Oluşumunu

Silinmiş: Kaymak

Silinmiş: Sertliğini

Silinmiş: Etkileyen

Silinmiş: Laboratuvar

Silinmiş: Koşullarında

Silinmiş: Araştırılması

Silinmiş: Toprağa

Silinmiş: İlavesinin

Silinmiş: Toprağın

- (ed C.A. Black), pp. 545-566. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Diebicki, R. ve Wontroba, J., 1986. Mechanical resistance of surface crust of soil fertilized with different organic waste products. In: F. Callebaut, D. Gariels and M. Boodt (Editors), *Assessment of Soil Surface Sealing and Crusting*. Flanders Research Centre for Soil Erosion and Soil Conservation. Ghant, Belgium, pp. 194-201.
- Domby, C.W. ve Kohnke, H., 1956. The influence of soils crusts on gaseous diffusion. *Soil Science Society of American Proceedings*, 20, 1-5.
- Ferry, D.M. ve Olsen R.A., 1975. Orientation of clay particles as it relates to crusting of soil. *Soil Science*, 120, 367-375.
- Gerard, C.J., 1965. The influence of soil moisture soil texture drying conditions and exchangeable cations on soil strength. *Soil Science Society of American Proceedings*, 29, 641-645.
- Gür, K., 1982. Mus ve Van yöresi topraklarında mantar (Mikro fungus) dağılımı ve bunlardan *Aspergillus versicolor* ile *Penicillium Chrysogenum*'un toprakların agregat stabilitesi ve kırılma değeri üzerine etkileri. Atatürk Üniv. Ziraat Fak., (Yayımlanmamış), Erzurum
- Hafez, A.A.R., 1974. Comparative changes in soil physical properties induced by admixtures of manures from various domestic animals. *Soil Science*, 118, 53-59.
- Hanks, R.J. ve Thorp, F.C., 1957. Seedling emergence of wheat grain sorghum and soybeans as influenced by soil crust strength and moisture contents. *Soil Science Soc. of American Pro.*, 21, 357-359.
- Hillel, D. ve Gardener, W.R., 1970. Transient infiltration into crust topped profiles. *Soil Sc.*, 109, 69-70.
- Hussain, S.M., Smillie, G.W. ve Collins, J.F., 1985. Laboratory studies of crust development in Irish and Iraqi soils. II. Effects of some physico-chemical constituents on crust strength and seedling emergence. *Soil and Tillage Res.*, 6, 123-138.
- Kemper, W.D., 1965. Aggregate stability. In: *Methods of Soil Analysis, Part I*, (ed C.A. Black), pp. 511-519. American Soc. of Agronomy, Madison, WI.
- Kumar, A. ve Hazra, C.R., 1989. Quantification of direct and indirect influence of soil management practices on seedling emergence of cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba*) under dryland condition. *Annals of Agricultural Research*, 10, 262-269.
- Lehrsch, G.A., Sojka, R.E., Carter, C.L., Jolley, P.M., 1991. Freezing effect on aggregate stability affected by texture, mineralogy and organic mater. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 56, 1401-1406.
- Lutz, J.F. ve Haque, I., 1975. Effects of phosphorus on some physical and chemical properties of clays. *Soil Science Society of American Proceedings*, 39, 33-36.
- Minitab., 1995. Minitab Reference Manuel (Release 7.1), Minitab Inc., State Coll. PA, 16801, USA.
- Morin, J., Benyamini, Y. ve Michaeli, A., 1981. The dynamics of soil crusting by rainfall impact and the water movement in the soil profile. *Journal of Hydrology*, 52, 321-335.
- Nuttal, W.F., 1982. The effects of seedling depth soil moisture regime and crust strength on emergence of rape cultivars. *Agronomy J.*, 74, 1018-1022.
- Özdemir, N. ve Akgül, M., 1995. Donma ve çözülmenin toprağın strüktürel dayanıklılığı ve erozyona duyarlılığı üzerine etkisi. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 19, 429-435.
- Peech, M., 1965. Hydrogen-ion activity. In: *Methods of Soil Analysis, Part II*, (ed C.A. Black), pp. 914-926. American Soc. of Agronomy, Madison, WI.
- Peters, D.B., 1965. Water availability. In: *Methods of Soil Analysis, Part I*, (ed C.A. Black), pp. 279-285. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Reeve, R.C., 1965. Modulus of Rupture. In: *Methods of Soil Analysis. Part I* (Black, C.A., ed.), American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, USA, 466-671.
- Richards, L.A., 1953. Modulus of rupture as an index of surface crusting of soil. *Soil Science Society of American Proceedings*, 17, 321-323.
- Snedecor, G.W. ve Cochran, W.G., 1980. *Statistical Methods*, (7th Edition) Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Sönmez, K., 1982. Van yöresi topraklarında fosforik asit, triple süperfosfat ve ahır gübresinin agregasyon, agregat stabilitesi ve kırılma değeri üzerine etkileri. Atatürk Üniv. Ziraat Fak., (Yayımlanmamış), Erzurum
- Stivers, R.K., Swartzendruber, D. ve Nyquist, W.E., 1977. Portland cement as a soil amendment for corn and soybeans. *Agronomy Journal*, 69, 961-964.
- Şeker, C., 2003. Effects of selected amendments on soil properties and seedling emergence of wheat seedling. *Can. J. Soil Sci.* 83: 615-321.
- Şeker, C., ve Karakaplan, S., 1999. Relationships of modulus of rupture to soil properties in Konya plain. *T. Journal of Agriculture and Forestry*, 29, 183-190.
- U.S. Salinity Laboratory Staff., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soil. *Agricultural Handbook*, No:60.