

Farklı Dozlarda Kireç Uygulamasının İki Farklı Tekstürdeki Toprağın Bazı Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi

Outaiba Riyadh ABDULWAHHAB^{1, 2*}

Cevdet ŞEKER¹

¹Selcuk University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plan Nutrition, Konya, Turkey

²Department of Tikrit Research, Agricultural Research Office, Tikrit, Iraq

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): qutaibariyadh@gmail.com

Geliş tarihi (Received) : 06.03.2020

Kabul tarihi (Accepted): 11.05.2020

DOI: 10.21657/topraksu.699821

Öz

Kurak ve yarı kurak bölge toprakların en önemli özelliklerinden bir tanesi genellikle yüksek kireç (K) içeriklerine sahip olmalarıdır. Kirecin toprak özellikleri üzerine etkileri bilinmekle birlikte, yüksek kireç içeriğinin etkileri konusunda yeterli çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle yapılan çalışmada taklidi yüksek kireç içeriğinin farklı iki tekstürdeki toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkileri belirlenmiştir. Bu amaçla, yüksek kireç içeriğini taklit etmek için, kil ve kumlu tın tekstürdeki topraklara ağırlıkça %0, % 5, % 10 ve % 20 oranlarda kireç ilave edilip, tarla kapasitesinde bir ay süreyle inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonu toprağın hacim ağırlığı (HA), tane yoğunluğu (TY), ağırlıklı ortalama çapı (AOÇ), agregat stabilitesi (AS), likit limiti, plastik limiti, plastiklik indisi, pH'sı, elektriksel iletkenliği (EC), organik karbon içeriği (OC), organik karbon mineralizasyonu (KM), toplam azotu (TN) ve C: N oranı gibi özelliklerine artan dozda kireç uygulamalarının etkileri belirlenmiştir. Buna göre, killi ve kumlu tın topraklarda %20 kireç uygulaması kontrole göre kıyaslandığında (%20 kireç uygulaması ölçümü / kontrol ölçümü) pH'yı aynı oranda artırmış (1.01), sırasıyla; CaCO₃ içeriğini 2.09-2.59, C/N oranını 1.17-1.20; HA'yı 1.06-1.02; TY'yi 1.03-1.07 ve AOÇ'yi 1.41-1.36 oranlarında artırırken, EC'yi 0.84-0.96 ve likit limiti 0.86-0.94 oranlarında azaltmıştır. Kireç uygulamalarının diğer toprak özellikleri üzerindeki etkisi ise toprak tekstürüne bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. Kireç içeriği dışında, kontrole göre toprak özelliklerinde ortaya çıkan en yüksek değişkenlik killi toprakta TN ve AOÇ değerlerinde, kumlu tın toprakta ise AS ve yine AOÇ değerlerinde olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Toprak tekstürü, kireç uygulaması, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri

Effect of Lime Application in Different Doses on Some Physical and Chemical Properties of Two Different Textured Soils

Abstract

One of the most important features of the arid and semiarid land soils is that they generally have high lime content. Although the effects of lime on the soil properties are generally known. However, there are not enough studies about the effects of high lime content in this region. For this reason, this study was aimed to make a simulation with the inherent lime content of the soils in this area and investigate its effect on some soil physical and chemical properties in the two contrasting texture soils. Clay and sandy loam soils which were obtained from this area, were mixed with micronized lime at the rate of 0, 5, 10, and, 20% (w/w), and then incubated at field capacity under laboratory conditions for one month. After the incubation period, the effects of increasing doses of lime applications on soil bulk

density (HA), particle density (TY), mean weight diameter (AOÇ), aggregate stability (AS), liquid limit, plastic limit, plasticity index, pH, electrical conductivity (EC) organic carbon content (OC), mineralization of organic carbon (KM), total nitrogen (TN) and C/N ratio were determined. Accordingly, when 20% lime applications in clayey and sandy loam soils compared to controls (20% lime application measurement / control measurement) pH rations increased at the same level (1.01), while CaCO₃, C / N and HA rations increased at the ratio of 2.09-2.59, 1.17-1.20 and 1.06-1.02; TY, AOÇ, EC and liquid limit decreased at the ratio of 1.03-1.07, 1.41-1.36, 0.84-0.96 and 0.86-0.94, respectively. The effects of lime applications on other soil properties varied depending on the soil texture. Except for the lime content, the highest variability in soil properties compared to the control were in TN and AOÇ values in clay soil and in AS and AOÇ values in sandy loam soil.

Keywords: Soil texture, lime application, soil physical and chemical properties

GİRİŞ

Orta Anadolu bölgesi kurak ve yarı kurak bir iklimin etkisi altında olup, toprakların kireç içerikleri genellikle yüksektir. Bu nedenle toprakların yüksek kireç içerikleri, toprak kalitesi üzerinde önemli etkiler oluşturabilmektedir. Konya ovasında toprakların kireç içerikleri ortalama % 21.70, organik madde içeriklerinin % 87.5'inin %3'ün altında olduğunu belirlenmiştir (Gezgin vd., 2002). Bölge topraklarının genel olarak kil ve kireç içeriklerinin yüksek, organik madde içeriklerinin ise düşük olması, toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri önemli ölçüde etkilenmektedir (Gümüş ve Şeker, 2014). Kirecin özellikle kumlu tın toprağın fiziko-mekanik özellikleri üzerindeki etkisi konusunda yapılmış çalışmalar yeterli değildir ve bu konunun daha iyi anlaşılabilmesi için daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir. Kireç uygulama sonrası, kısa sürede toprak taneleri ile kalsiyum iyonu arasında katyon değişim reaksiyonu yoluyla flokülasyonu ve dolayısıyla agregasyonu teşvik etmektedir (Boardman vd., 2001). Toprakta kireç içeriğinin artışı ile hacimsel stabilite artmakta, folekülasyon ve kimyasal bağlanma etkileri nedeniyle daha az plastiklik özelliğine sahip bir malzeme dönüştürmekte ve su tutma kabiliyeti azalmaktadır (Bell, 1988; Zhang vd., 2017). Ayrıca, kireç ilavesi, bir taraftan toprağın pH'sını yükseltirken diğer taraftan da toprakta bulunan silis ve /veya alüminalarla hidratlı kalsiyum silikatlar veya hidratlı kalsiyum alüminatlar (C-S-H ve C-A-H) gibi çimentolu bileşikler oluşabilmektedir. Kirecin toprak özellikleri üzerindeki etkisi; ilave edilen kireç miktarına, sıkıştırma seviyesine, inkübasyon süresine ve işlenen toprağın özelliklerine bağlı olarak değişmektedir (Balasubramaniam vd., 2005). Birçok araştırmacı tarafından bildirilen önemli bir durum, kirecin toprakların plastikliğini

değiştirme yeteneğidir. Kireçten açığa çıkan hidrate kalsiyum iyonları kil parçacıklarının yüzeyine kolloid-iyon çekimi ile tutunmakta ve buna göre kil yüzeyinin iyonik yapısı ve bağlı suyun kalınlığı değişmektedir. Bu işlem toprağa floküle ederek agregatlaşmayı sağlamaktadır. Ayrıca kireç toprağın kıvam limitlerini değiştirerek, hem likit limit ve hem de plastik limit değerlerini etkilemekte ve genellikle toprakların mühendislik performansını iyileştirmektedir. Bununla birlikte, bazı durumlarda, kirecin olumsuz bir etkiye sahip olduğu da bildirilmiştir (Rogers ve Glendinning, 1996). Kireç içeriğinin artış ile killi toprağın likit limit değerinde azalma tespit edilirken (Bell, 1988), toprağın plastiklik limitinin arttığı da bulunmuştur (Barker vd., 2006). Olası mekanizmaların bir anlayışını geliştirmek ve bölgesel toprakların yüksek kireç içeriğini taklit etmek için, bu çalışmada farklı tekstürdeki toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine, kirecin kısa dönemli bir inkübasyon sonundaki etkilerinin tespit edilmesi; kullanılan toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişimine artan kireç dozlarının etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma laboratuvar şartlarında, Konya ovasından alınan kil ve kumlu tın tekstür sınıfına sahip toprak örnekleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kil tekstürlü toprak örneği Sarıcalar Araştırma ve Uygulama çiftliğinden, kumlu tın tekstürlü toprak örneği ise Çumra ovasından alınmıştır (Çizelge 1).

Araziden getirilen toprak örnekleri laboratuvarında hava kuru hale getirilerek 4 mm'lik elekten geçirilmiş ve inkübasyona çalışmasında kullanılmıştır. İki farklı tekstürdeki toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine kirecin etkisini belirlemek

Çizelge 1. Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri
Table 1. Some physical and chemical properties of the soils

Toprak özellikleri	Kil	Kumlu tın
% Kil	50.70	8.61
% Silt	36.00	14.00
% Kum	13.30	77.39
Tekstür sınıfı	C	SL
pH (1:2.5, toprak:su)	8.03	8.20
EC dS m ⁻¹ (1:2.5 toprak:su)	0.57	0.25
% Kireç	13.23	11.90
% Organik madde	3.64	1.83
% Organik C	2.11	1.06
% Toplam N	0.15	0.12
C/N	14.06	15.25

için yapılan denemede kullanılan kireç, piyasada doğal kalsit (CaCO₃) üreten ticari bir firmadan temin edilmiştir. Bu kirecin tane büyüklüğünün %50'si 11.5 µm'den, %97'si ise 85 µm'den, %46'sı 10 µm'den ve %22'si ise 2 µm'den küçük olduğu firma tarafından beyan edilmiştir. Toprak örnekleri 9 litrelik altı deliksiz plastik saksılara fırın kuru ağırlık esasına göre 3000 g olacak miktarda doldurulmuş ve üzerlerine ağırlık esasına göre %0, %5 (K5), %10 (K10) ve %20 (K20) oranlarında kireç ilave edilerek homojenliği sağlamak için iyice karıştırılmıştır. Toprak örneklerini tarla kapasitesine getirecek şekilde saksılara su uygulanmış ve bir ay süreyle laboratuvar şartlarında inkübasyona bırakılmıştır. Saksılar haftalık olarak tartılmış ve eksilen su tamamlanmıştır. Inkübasyon sonu saksıdaki toprak örnekleri homojen karıştırılarak, ölçümler ve analizler için örnekler alınmıştır. Fiziksel ve kimyasal analizler için 2 mm' den elenmiş örnekler, agregat analizlerinde ise 4 mm'den elenmiş örnekler hava kuru hale getirilerek kullanılmıştır.

Tekstür Bouyoucos hidrometre yöntemine (Gee ve Bauder, 1986), tane yoğunluğunun piknometre yöntemine (Blake ve Hartge, 1986a), hacim ağırlığı bozulmuş örneklerde dereceli silindir yöntemine (Blake ve Hartge, 1986b) göre belirlenmiştir. Toprak pH'sı (Mclean, 1982) ve elektriksel iletkenlik (Rhoades, 1982) 1:2,5 toprak-saf su karışımında multimeter ile ölçülmüş, toplam azot Dumas kuru yakma metodu ile LECO CN-2000 cihazı kullanılarak (Wright ve Bailey, 2001) tayin edilmiş, organik karbon yaş yakma yöntemine göre (Smith ve Weldon, 1941), kireç Scheibler kalsimetresi (Nelson, 1982) kullanarak belirlenmiştir. Plastik

limit (PL), toprak örnekleri 0.42 mm'lik elekten geçirildikten sonra, 3 mm kalınlığında zorlukla ip oluşturulabilen nem içeriği ölçülerek belirlenmiştir (ASTM, 2010). Likit limit (LL), toprak örnekleri 0.42 mm'lik elekten geçirildikten sonra, likit limit konik penetrometre aleti kullanılarak belirlenmiştir (TSE, 1987). Plastiklik indeksi (PI), likit limit ve plastik limit farkından hesaplanmıştır (ASTM, 2010). Agregat stabilitesi, yapay yağmur simülöründe (Gugino vd., 2009), ağırlıklı ortalama çap 2.0, 1.0, 0.5 ve 0.25 mm açıklığa sahip elek takımından oluşan Yoder tipi ıslak eleme aleti kullanılarak belirlenmiştir (Kemper ve Rosenau, 1986).

Çalışma, laboratuvar şartlarında, tesadüf parselleri deneme planında dört tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemede 2 farklı testürdeki toprak örneğine kullanılmış olup, bu toprak örneklerine %0, %5, %10 ve %20 olmak üzere dört farklı dozda kireç uygulaması yapılmıştır. Buna göre deneme deseni; iki tekstür, dört farklı kireç dozu ve dört tekerrürün bulunduğu 32 saksıdan oluşmuştur. Yapılan uygulamaların toprak özelliklerine etkilerini belirlemek için Minitab (16.2) paket programında tek yönlü (ANOVA) varyans analizleri ve "Tukey" çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kil ve kumlu tın tekstürlerdeki topraklara ağırlıkça %0, 5, 10 ve 20 oranlarında ilave edilen kirecin bir aylık inkübasyon sonunda, toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkileri Çizelge 2 ve 3 de gösterilmiştir. Çizelgelerden görüldüğü gibi, inkübasyona sonunda kireç uygulamalarının iki tekstürdeki toprağın ölçülen tüm fiziksel ve kimyasal özellikler üzerine etkisi, kumlu tın tekstürlü toprağın sadece toplam azot içeriği hariç, istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Kil ve kumlu tın tekstürlü toprakların pH değerleri kireç uygulama dozundaki artış ile ilişkili olarak istatistiksel olarak önemli (p<0.001) düzeyde artmıştır. Killi toprağın pH değeri kontrol örneğinde 8.02'den, K20 dozunda 8.10'a, kumlu tın toprakta ise 8.20'den 8.32'ye yükselmiş (Çizelge 2 ve 3). Bilinen bir durum olarak, CaCO₃ + H₂O → Ca²⁺ + 2OH⁻ + CO₂ reaksiyonu sonucu; toprakların kireç içeriği arttıkça, toprak çözeltisindeki OH⁻ iyonunun artmasıyla toprağın pH'sı yükselmektedir. Ancak bu yükseliş killi toprakların tamponlama kapasitesinin kumlu topraklardan daha fazla olması nedeniyle, killi toprağa aynı dozda ilave edilen kireç, killi toprağın pH'sı daha az

Çizelge 2. Farklı düzeylerde kireç uygulamalarının killi toprağın bazı özellikleri üzerine etkisi**Table 2.** The effect of lime applications at different levels on some properties of the clay soil

Özellikler	Kontrol	K5	K10	K20	P Değeri
pH	8.02±0.00c	8.05±0.01b	8.07± 0.01b	8.10±0.01a	***
EC, dS m ⁻¹	0.57±0.02a	0.57±0.02a	0.52±0.00b	0.48±0.01c	***
CaCO ₃ , %	13.23±0.56a	17.13±0.62b	20.34±0.95c	27.70±0.46d	***
Organik karbon, %	1.87±0.06a	1.68±0.09b	1.63±0.02b	1.51±0.03c	***
Toplam azot, %	0.17±0.02a	0.19±0.00a	0.18±0.02a	0.11±0.00b	***
C/N	10.84±1.15ab	9.06±0.57b	9.24±1.01b	12.65±0.58a	***
Hacim ağırlığı, g cm ⁻³	0.95±0.00b	0.95±0.00b	0.99±0.01a	1.01±0.01a	***
Tane yoğunluğu, g cm ⁻³	2.56±0.00c	2.58±0.01bc	2.61±0.01ab	2.63±0.02a	***
Toplam gözeneklilik	0.63±0.00ab	0.63±0.00a	0.62±0.01bc	0.61±0.01c	**
AOÇ, mm	0.22±0.02c	0.26±0.01b	0.27±0.02ab	0.31±0.01a	***
Agregat stabilitesi,%	7.88±1.32c	21.21±0.91a	11.04±0.94b	9.69±0.69bc	***
Likit limit,%	47.89±0.69a	45.78±0.81b	44.21±0.57c	40.96±0.38d	***
Plastik limit,%	24.66±0.10a	23.23±0.46b	21.93±0.82c	21.07±0.68c	***
Plastiklik indeksi,%	23.73±1.66a	22.30±1.29a	21.53±1.56ab	19.13±0.85b	**

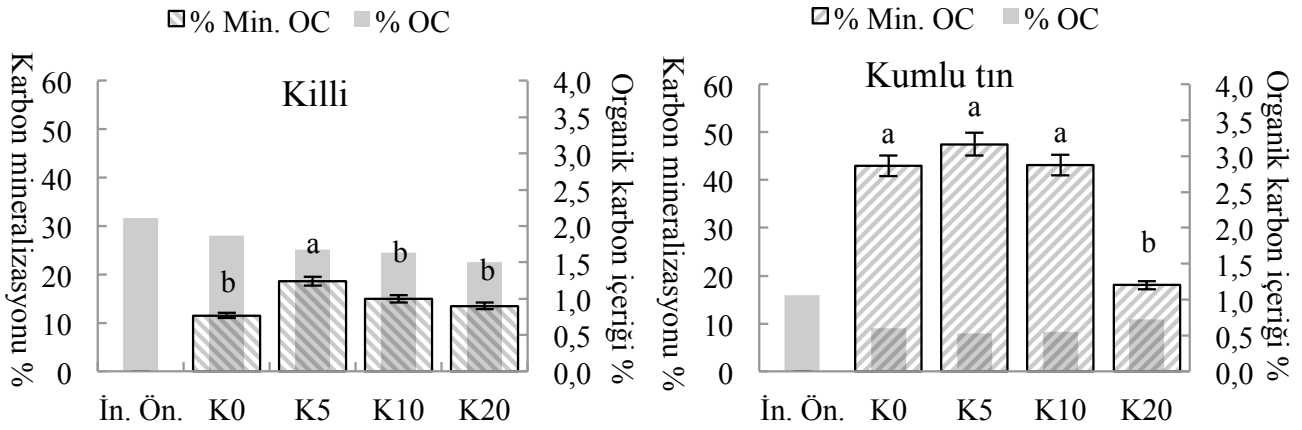
EC: Elektrik iletkenlik, AOÇ: Ağırlıklı ortalama çap, **:p<0.01, ***:p<0.001.

artırmıştır. Killi toprağa yapılan kireç uygulamaları, K5 uygulaması hariç, kireç dozundaki artışın tersine EC değerini istatistiksel olarak önemli (p<0.001) düzeyde düşürürken, kumlu tın toprakta ise kireç uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemli (p<0.01) iken, kontrol örneği ile uygulamalar arasındaki fark önemsiz çıkmıştır (Çizelge 2 ve 3). Killi toprağın EC değeri kontrol örneğinde 0.57 dS m⁻¹ iken, K20 uygulamasında 0.48 dS m⁻¹ ölçülmüş, kumlu tın toprağın EC değerleri 0.25-0.27 dS m⁻¹ arasında değişmiştir. Kireç uygulama dozundaki artış ile istatistiksel olarak önemli (p<0.01) bir ilişki çıkmasına rağmen, dozlar arasında büyük fark olmamış, K20 de ise diğer kireç dozlarından farklı ve sınırlı düzeyde daha düşük EC değeri saptanmıştır (Çizelge 3). Buna göre, inkübasyon sürecinde, yüksek dozda kireç uygulaması (K20) killi ve kumlu tın toprakların pH'sı sırayla %0.9 ve %1.4 artırmışken, EC değerlerini her iki toprakta sırayla %15.8 ve %4 azaltmıştır. Toprak çözeltisinin elektrolit konsantrasyonu ve dolayısıyla EC değerleri, özellikle killi toprakta kısmen düşmüştür. Kireç modifikasyonunda toprağın değiştirilebilir Ca iyonlarının kireç tarafından tutulan Ca iyonları ile değişebildiği ifade edilmiş, ayrıca, gerek Ca²⁺ ve gerekse OH⁻ iyonları ortamdaki diğer anyon ve katyonlarla reaksiyona girerek elektrolit konsantrasyonlarını düşürdüğü belirtilmiştir (Rao ve Shivananda, 2005).

Beklenen bir durum olarak, kireç uygulama dozlarındaki artışı ile doğrusal olarak her iki

toprağın kireç içeriğinde istatistiksel açıdan önemli (p<0.001) artışlar belirlenmiş olup, killi toprağın kireç içeriği %13.23-27.70 arasında ve kumlu tın toprağın kireç içeriği ise %11.90-30.77 arasında değişmiştir (Çizelge 2 ve 3).

Killi toprakta, kireç uygulamalarındaki doz artış ile OC içeriği %1.87-1.51 arasında değişmişken, istatistiksel açıdan önemli (p<0.001) düşüşler saptanmıştır (Çizelge 2). Kumlu tın toprakta ise OC içeriği %0.53-0.72 arasında değişmiş, K5 ve K10 dozlarında istatistiksel açıdan önemli düşüş ölçülürken, K20 dozunda ise istatistiksel açıdan önemli (p<0.001) artış ölçülmüştür (Çizelge 3). Burada iki durumun etkin olduğu değerlendirilmektedir. Bunlardan birincisi her iki toprağa da yüksek dozlarda kireç ilavesinin, kütle seyreltme etkisi nedeniyle toprakların organik karbon içeriklerini doğrusal olarak düşürmesi, diğeri ise inkübasyon süresince organik karbonun kumlu tın toprağın K20 dozu hariç, önemli ölçüde mikrobiyal parçalanmaya uğramasıdır. Ancak burada özellikle tamponlama kapasitesi düşük olan kumlu tın toprakta yüksek kireç dozunda gerek pH artışı ve gerekse yüksek kirecin mikrobiyal aktivite üzerinde azaltıcı etki oluşturması nedeniyle parçalanmanın sınırlandırılması ile daha düşük mineralizasyon ve daha yüksek organik karbon içeriği ölçüldüğü değerlendirilmiştir (Şekil 1). Shiel ve Rimmer (1984), toprakların kireç içeriğindeki artışın organik maddenin parçalanmasını artırabileceğini bildirmişlerdir. Bu durum, kumlu tın



Şekil 1. Killi ve kumlu tınlı toprağa uygulanan kireç dozlarının karbon mineralizasyonu üzerine etkisi

Figure 1. Effect of lime doses applied to clay and sandy loam soil on the carbon mineralization

toprakta kontrol örneğinin inkübasyon öncesinde OC içeriği %1.06 iken, inkübasyon sonrası K20 dozunda %0.72 bulunması ile doğrulanmış, nitekim %32 oranında bir düşüş belirlenmiştir. Killi toprakta, mineralizasyon oranı %11.53-18.56 arasında değişmiş ve sadece K5 uygulaması kontrol örneğine göre önemli düzeyde ($p<0.001$) artış gösterirken, diğer uygulamalarda kireç oranı artırsa mineralizasyon oranı kontrol ile aynı seviyede çıkmıştır (Şekil 1). Kumlu tın toprakta ise mineralizasyon oranı %47.47-18.01 arasında değişmiş, K5 ve K10 kireç uygulamalarında kontrol ile kıyaslandığında mineralizasyon oranı önemsiz çıkarken, kirecin yüksek düzeyde uygulandığı K20 dozunda mineralizasyon oranı önemli düzeyde ($p<0.001$) düşüş göstermiştir (Şekil 1). Bu

sonuçların nedeni henüz tam olarak anlaşılammış olmakla birlikte, bazı genel eğilimler literatürde mevcut olan verilerden belirlenmektedir. Kireç toprağın OC depolamalarını değiştirmekte olup çoğu durumda artırmaktadır (Paradelo vd., 2015).

İnkübasyon sonunda, killi toprağın toplam azot içeriği %0.19-0.11 arasında değişmiş, kontrole göre K5 ve K10 dozları istatistiksel açıdan önemli ölçüde etkilemezken, ancak K20 dozu istatistiksel açıdan önemli ($p<0.001$) ölçüde düşürmüştür (Çizelge 2). Kumlu tın toprakta ise toplam azot içeriği tüm kireç uygulama dozlarında %0.12 bulunmuş ve istatistiksel açıdan önemsiz çıkmıştır (Çizelge 3). Buna göre bir aylık inkübasyonda, killi toprakta, en yüksek kireç uygulama dozunda TN oranı düşmüş, ancak kumlu tın toprakta,

Çizelge 3. Farklı düzeylerde kireç uygulamalarının kumlu tın toprağın bazı özellikleri üzerine etkisi

Table 3. The effect of lime applications at different levels on some properties of the sandy loam soil

Özellikler	Kontrol	K5	K10	K20	P Değeri
pH	8.20±0.01c	8.21±0.01c	8.26±0.01b	8.32±0.00a	***
EC, dS m ⁻¹	0.25±0.01ab	0.27±0.00a	0.26±0.01a	0.24±0.00b	**
CaCO ₃ , %	11.90±0.4d	17.52±0.93c	21.42±0.84b	30.77±1.28a	***
Organik karbon, %	0.60±0.01b	0.53±0.02c	0.55±0.02c	0.72±0.03a	***
Toplam azot,%	0.12±0.00	0.12±0.00	0.12±0.00	0.12±0.00	NS
C/N	4.95±0.27b	4.34±0.17b	4.60±0.34b	5.94±0.36a	***
Hacim ağırlığı, g cm ⁻³	1.20±0.015b	1.17±0.00c	1.18±0.01bc	1.22±0.00a	***
Tane yoğunluğu, g cm ⁻³	2.50±0.03c	2.55±0.01b	2.65±0.01a	2.67±0.01a	***
Toplam gözeneklilik	0.52±0.00c	0.54±0.00b	0.55±0.01a	0.54±0.00b	***
AOÇ,mm	0.33±0.00b	0.24±0.04c	0.23±0.02c	0.45±0.02a	***
Agregat stabilitesi,%	6.06±0.88a	4.29±0.28 b	4.13±0.24b	5.63±0.66a	**
Likit limit,%	28.60±0.79a	28.52±0.45 a	28.0±0.14ab	26.99±0.70b	**

kireç uygulamaları TN oranına etki etmemiştir. Bu durum ortam şartlarına bağlı olarak meydana gelen mineralizasyon süreçleri ve denitrifikasyon koşullarındaki değişkenlik ile açıklanabilir. Yürütülen çalışmada denitrifikasyonla meydana gelen kayıplar ölçülmediğinden kesin yargı oluşturulamamakla birlikte, kili toprağa yüksek dozda kireç uygulamasında hem mikrobiyal faaliyetler ve hem de buna bağlı azot kayıpları ile kütle seyreltme etkisi nedeniyle TN içeriğinin düştüğü değerlendirilmiştir.

Killi topraktaki, C/N oranı 9.06-12.65 arasında değişmiş ve kontrol ile uygulamalar arasındaki farklılık önemsiz iken, sadece K20 dozunda istatistiksel açıdan önemli derecede ($p<0.001$) farklılık belirlenmiştir (Çizelge 2). Kumlu tın toprakta C/N oranı 4.34-5.94 arasında değişmiş, sadece K20 dozu kontrol ve diğer uygulamalarla karşılaştırdığında istatistiksel açıdan önemli ($p<0.001$) artışı gözlenmiştir (Çizelge 3). Düşük düzeyde oluşan bu farkın nedeninin, yüksek düzeyde kireç uygulamasında ortaya çıkan düşük mineralizasyon oranı olduğu söylenebilir.

Kireç uygulamalarının bir ay inkübasyonu sonunda, killi ve kumlu tın toprağın gevşek haldeki hacim ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli ($p<0.001$) çıkmış, hacim ağırlığı killi toprakta $0.95-1.01 \text{ g cm}^{-3}$ ve kumlu tın $1.17-1.22 \text{ g cm}^{-3}$ arasında değişmiştir (Çizelge 2 ve 3). Kili toprakta K10 ve K20 dozlarında HA artış gösterirken, kumlu tın toprakta ise HA önce düşmüş ve sonra K20 uygulamasında istatistiksel açıdan önemli artış göstermiştir. Çalışmada kullanılan kirecin HA değeri ise ortalama 1.24 g cm^{-3} olarak ölçülmüştür.

Uygulama sonrası, killi toprağın tane yoğunluğu değerleri $2.56-2.63 \text{ g cm}^{-3}$, kumlu tın toprağın tane yoğunluğu değerleri ise $2.50-2.67 \text{ g cm}^{-3}$ arasında değişmiş ve her iki toprağın da tane yoğunluğu değerleri kirecin uygulama dozundaki artış ile istatistiksel olarak önemli ($p<0.001$) düzeyde artmıştır (Çizelge 2 ve 3). Bu durum, kirecin tane yoğunluğu değerinin her iki toprak örneğinin de tane yoğunluğundan daha yüksek ve $2.7-2.9 \text{ g cm}^{-3}$ arasında değişmesinden kaynaklanmıştır (Pohanish, 2017).

Killi toprağın toplam gözenekliliği $0.63-0.61$ arasında değişmiş, kireç uygulama dozlarındaki artış ile $\%3.17$ 'lik bir düşüş ($p<0.01$) saptanmıştır (Çizelge 2). Kumlu tın toprağın toplam

gözenekliliği ise $0.52-0.55$ arasında değişmiş ve kirecin uygulama dozlarındaki artış ile $\%5.77$ 'lik bir düşüş ($p<0.01$) ölçülmüştür (Çizelge 3). Önceki bölümlerde açıklandığı üzere, $\%50$ 'si $11.5 \mu\text{m}$ 'den, $\%97$ 'si ise $85 \mu\text{m}$ 'den, $\%46$ 'sı $10 \mu\text{m}$ 'den ve $\%22$ 'si ise $2 \mu\text{m}$ 'den küçük olan ve topraklara ilave edilen kirecin $\%22$ 'inin kil iriliğinde, $\%88$ 'inin ise kum ve daha çok silt iriliğinde olduğu görülmektedir. Burada genel bir durum olarak, tane iriliğinin azalması ile killi topraklarda olduğu gibi toplam gözenekliliği artması, kum ve silt içeriği yüksek olan topraklarda olduğu gibi ise tane iriliğinin artması ile toplam gözenekliliğin azalması durumu ortaya çıkmıştır.

Killi toprağın AOÇ değerlerinde, kireç uygulaması dozları ile ilişkili ve istatistiksel açıdan önemli derecede ($p<0.001$) artışlar belirlenirken, kumlu tın toprağın AOÇ değerlerinin değişimi üzerine ise istatistiksel olarak önemli ($p<0.001$) etki saptanmıştır (Çizelge 2 ve 3). Killi toprağın AOÇ değerleri $0.22-0.31 \text{ mm}$ arasında değişmiş, kumlu tın toprağı AOÇ değerleri ise $0.24-0.33 \text{ mm}$ arasında değişmiş, K5 ve K10 dozlarında daha düşük AOÇ değerleri, K20 dozunda ise daha yüksek AOÇ değeri bulunmuştur (Çizelge 2 ve 3). Killi toprakta, organik madde ile kireç-Ca+2 kation köprüsü bağı (OM-kation-mineral) aracılığı ile toprağın flokülasyonu ve agregatlaşması teşvik etmiştir (Majzik ve Tombácz, 2007; Wuddivira ve Camps, 2007). Organik maddenin az olması durumunda, kireç ile oluşan toprak agregatları arasındaki bağı zayıf olması nedeniyle, kumlu tın toprakta K5 ve K10 uygulamalarında olduğu gibi toprak agregatlarının zayıf ve dayanıksızlığı nedeniyle ıslak elemelerde agregatlar bozularak dağılmışlardır.

Agregat stabilitesi, killi toprakta $\%7.88-21.21$ arasında değişmiş, K5 ve K10 uygulama dozlarında istatistiksel olarak önemli derecede ($p<0.001$) artışlar ölçülürken, kumlu tın toprakta ise agregat stabilitesi $\%4.13-6.06$ arasında değişmiş ve kontrol ile karşılaştırıldığında, K5 ve K10 dozlarında sınırlı düzeyde, istatistiksel açıdan önemli ($p<0.01$) düşüşler tespit edilmiştir (Çizelge 2 ve 3). Toprağa yüksek dozlarda kireç ilavesinin seyretme etkisi nedeniyle, toprağın organik karbon içeriği oransal olarak azalmakta ve dolayısıyla ile agregat oluşumu ve dayanıklılığı bundan olumsuz yönde etkilenebilmektedir. Killi toprakta kirecin uygulama dozundaki artış ile oluşan bu bağ yapılarının

zayıfladığı belirlenmiştir. Kumlu tın toprakta ise düşük kil ve organik madde içeriği nedeniyle bu bağ yapılarının oluşmaması nedeniyle son drece düşük agregat stabilitesi değerleri ölçülmüş, bu durum agregat oluşumu ve dayanıklılık mekanizmaları ile birçok araştırmacı tarafından da açıklanmıştır (Majzik ve Tombácz, 2007; Wuddivira ve Camps, 2007).

Hem killi toprağa ve hem de kumlu tın toprağa farklı dozlarda yapılan kireç uygulaması limit değerini istatistiksel olarak önemli ($p < 0.001$) düşürmüştür (Çizelge 2 ve 3). Kireç uygulamaları sonucunda, likit limit değeri killi toprakta %47.89-40.96 arasında, kumlu tın toprakta ise %28.60-26.99 arasında ölçülmüştür. Likit limit değerindeki düşüş miktarı killi toprakta daha belirgin olmuş, kumlu tın toprakta ise K5 ve K10 dozlarındaki likit limit değerleri kontrol ile aynı grupta yer almıştır. Bu durum, killi toprağın kumlu tın toprağa göre daha yüksek likit limit değerine sahip olması, ayrıca kirecin yüzey alanının kilden çok kuma ve silte benzemesi, kil gibi negatif yük taşımaması nedeniyle ortaya çıkmıştır.

Killi toprağa kireç uygulamaları likit limite benzer şekilde plastik limit değerlerini de istatistiksel açıdan önemli derecede ($p < 0.001$) etkilemiş, killi toprakta plastik limit değerleri %24.66-21.07 arasında değişmiştir (Çizelge 2). Kireç ilavesi, kirecin negatif yük taşımaması ve daha düşük yüzey alana sahip olması nedeniyle, killi toprağın likit limitine benzer şekilde plastik limit değerini de düşürmüştür.

Uygulama dozlarının artışına bağlı olarak, plastiklik indeksi değeri killi toprakta istatistiksel açıdan önemli düzeyde ($p < 0.001$) azalma eğilimi göstermiş, uygulama dozlarının artışına bağlı olarak plastiklik indeksi değeri %23.73-19.13 arasında değişmiştir. Doz artışı ile likit limit ile plastik limiti arasındaki fark azalarak plastiklik indeks değerleri de düşmüştür.

Elde edilen sonuçlar, bölgemiz gibi kireç içeriği yüksek toprakların bulunduğu alanlar için toprak işleme yöntemlerinin belirlenmesinde fayda sağlayabilecektir. Toprakların aratan kireç içerikleri kıvam sınırlarını düşürerek, toprak işleme için uygun tav aralığını da azaltacaktır. Bu durum özellikle ilkbaharda ekim zamanının gecikmesi ve uygun olmayan nemlerde toprak işlenmesi durumunda toprak strüktürünün bozulmasına neden olabilecektir (Achampong vd., 2013).

SONUÇ

Kireç uygulama dozundaki artışa uygun olarak killi ve kumlu tın toprağın pH'sı, hacim ağırlığı ve tane yoğunluğu artmıştır. Özellikle pH artışının bazı bitki besin elementlerinin yarayışlılığına olumsuz etki etmesi nedeniyle, gübreleme ve bitki besleme uygulamalarında oluşan bu durumun değerlendirilmesi gerekmektedir. Killi toprakta kireç uygulamasının düşük dozunda toprağın agregat stabilitesi ve ağırlıklı ortalama çap özellikleri iyileşmiştir. Yüksek dozda kireç uygulaması toprağın strüktürel özelliklerinde bozulma meydana getirmiştir. Kumlu tın toprakta düşük kireç dozlarında toprağın agregat stabilitesi düşerken, kirecin yüksek dozunda toprağın ağırlıklı ortalama çapı sınırlı düzeyde artmıştır. Bölgemiz toprakları gibi zayıf agregasyon gösteren toprakların yönetiminde, bu durumun göz önüne alınmasının gerekliliği ortaya çıkmıştır (Gümüş vd., 2019). Özellikle kireç içeriği yüksek, kaba tekstürlü topraklarda ortaya çıkacak strüktürel bozulmaların iyileştirilmesinin daha zor olacağı ve bu nedenle, tüm toprakların yanı sıra özellikle bu tip topraklarda strüktür bozucu uygulamalardan kaçınılması gerekmektedir. Kireç uygulaması ile kumlu tın toprakta, organik karbonun mineralizasyonu killi topraktan daha fazla olmuş, ancak yüksek dozlarda kireç varlığı, kumlu tın toprağın mineralizasyon oranında daha fazla düşüşe yol açmıştır. Bu durum toprakların karbon yutağı olmaları bakımından değerlendirildiğinde, killi toprakların karbon depolama kapasitelerinin daha yüksek olacağı anlamına gelecektir. Yüksek kireç içeriğinin kıvam limitlerini değiştirilerek düşürmesi nedeniyle, kireç içeriği yüksek topraklarda tav bölgesinin daralacağı, tavın daha düşük nemlerde oluşacağı anlamına gelmektedir. Bu nedenle yüksek kireçli toprakların sürdürülebilir yönetiminde, kıvam limitlerini artırarak tav bölgesini genişletecek ve tavın yüksek nemlerde oluşmasının sağlayacak uygulamaların yapılması gerektiğini ortaya çıkartmıştır. Buna göre, bölgemiz gibi kireç içeriği yüksek toprakların bulunduğu alanlar için toprak işleme yöntemlerinin geliştirilmesi ve belirlenmesinin önemi bir kez daha ortaya çıkmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu makale Qutaiba Riyadh ABDULWAHHAB'ın, Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP) tarafından 18201034 proje numarası ile desteklen, Doktora tezinden özetlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Achampong F, Anum R, Boadu F (2013). Effect of lime on plasticity, compaction and compressive strength characteristics of synthetic Low Cohesive (CL) and High Cohesive (CH) clayey soils. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4: 2003-2018.
- ASTM (2010). Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Balasubramaniam A, Buensuceso B, Oh E, Bolton M, Bergado D, Lorenzo G (2005). Strength degradation and critical state seeking behaviour of lime treated soft clay. In: *Best Practice and Recent Advances 1*, International conference on deep mixing, Deep mixing, 5: pp 35-40, 23 – 25 May, Stockholm, Sweden.
- Barker J, Rogers C, Boardman D (2006). Physiochemical changes in clay caused by ion migration from lime piles. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 18 (2): 182-189.
- Bell F (1988). Lime stabilization of clay soils: part 1, basic principles. *Ground Engineering*, 21 (1): 12-15.
- Blake G, Hartge K (1986a). Particle density¹. In: *Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods*. Klute A (Eds.), Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, Madison, pp. 377-382.
- Blake G, Hartge K (1986b). Bulk density¹. In: *Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods*. Klute A (Eds.), Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, Madison, pp. 363-375.
- Boardman D, Glendinning S, Rogers C (2001). Development of stabilisation and solidification in lime-clay mixes. *Géotechnique*, 51 (6): 533-543.
- Gee G, Bauder J (1986). Particle-size analysis. In: *Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods*. Klute A (Eds.), Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, Madison, pp. 383-411.
- Gezgin S, Dursun N, Hamurcu M, Harmankaya M, Önder M, Sade B, Topal A, Soylu S, Akgün N, Yorgancılar M, Ceyhan E, Çiftçi N, Acar B, Gültekin İ, Işık Y, Şeker C, Babaoğlu M (2002). Determination of B contents of soils in central anatolian cultivated lands and its relations between soil and water characteristics. *Boron in Plant and Animal Nutrition*, Kluwer Academic / Plenum Publishers, New York. S 391-400.
- Gugino B, Idowu O, Schindelbeck R, van Es H, Wolfe D, Moebius-Clune B, Thies J, Abawi G (2009). *Cornell soil health assessment training manual* (2nd ed), Cornell University, Geneva, New York, p. 65.
- Gümüş İ, Şeker C (2014). Farklı organik gübrelerin mısır-buğday ekim nöbetinde buğdayın verimine bakiye etkileri. *Toprak Su Dergisi*, 3 (1): 1-5.
- Gümüş İ, Neğiş H, Şeker C, (2019). The Influence of biochar applications on modulus of rupture and aggregate stability of the soil possessing crusting problems. *Toprak Su Dergisi*, 8 (2): 81-86.
- Kemper W, Rosenau R (1986). Aggregate stability and size distribution¹. In: *Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods*. Klute A (Eds.), Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, Madison, pp. 425-442.
- Majzik A, Tombácz E (2007). Interaction between humic acid and montmorillonite in the presence of calcium ions I. Interfacial and aqueous phase equilibria: Adsorption and complexation. *Organic Geochemistry*, 38 (8): 1319-1329.
- Mclean E (1982). Soil pH and lime requirement. In: *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. Page A (Eds.), Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, Madison, pp. 199-224.
- Nelson R (1982) Carbonate and gypsum. In: *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. Page A (Eds.), Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, Madison, pp. 181-197.
- Paradelo, R., Virto, I. ve Chenu, C., 2015, Net effect of liming on soil organic carbon stocks: A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 202: 98-107.
- Pohanish R (2017). *Sittig's handbook of toxic and hazardous chemicals and carcinogens*, William Andrew, p. 3564.
- Rao S, Shivananda P (2005) Role of curing temperature in progress of lime-soil reactions. *Geotechnical & Geological Engineering*, 23 (1): 79.
- Rhoades J (1982). Soluble salts¹. In: *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. Page A (Eds.), Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, Madison, pp. 167-179.
- Rogers C, Glendinning S (1996). Modification of clay soils using lime. In: *Lime Stabilisation. Proceedings of the seminar held at Loughborough University Civil and Building Engineering Department*, pp. 99-114, 25 September, Loughborough, United Kingdom.
- Shiel R, Rimmer D (1984). Changes in soil structure and biological activity on some meadow hay plots at Cockle Park. *Northumberland, Plant and Soil*, 76 (1-3): 349-356.
- Smith H, Weldon, M. D (1941). A Comparison of Some Methods for the Determination of Soil Organic Matter¹. *Soil Science Society of America Journal*, 5 (C): 177-182.
- TSE (1987). TS 1900 İnşaat mühendisliğinde zemin laboratuvar deneyleri. *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, p. 133.
- Wright A, Bailey J (2001). Organic carbon, total carbon, and total nitrogen determinations in soils of variable calcium carbonate contents using a Leco CN-2000 dry combustion analyzer. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32 (19-20): 3243-3258.
- Wuddivira M, Camps-Roach G (2007). Effects of organic matter and calcium on soil structural stability. *European Journal of Soil Science*, 58 (3): 722-727.
- Zhang X, Mavroulidou M, Gunn M (2017). A study of the water retention curve of lime-treated London Clay. *Acta Geotechnica*, 12 (1): 23-45.