



Diatomit uygulamasının bazı toprak özellikleri ve Atterberg limitleri üzerine etkileri

● Nutullah ÖZDEMİR*, ● Furkan GÜLER

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

Öz

Günümüz koşullarında toprak özelliklerini kullanım amaçları doğrultusunda değiştirmek ve karşılaşılan sorunları gidermek üzere birçok toprak düzenleyicisi kullanılmakta ve etkinlikleri üzerindeki çalışmalar sürdürülmektedir. Diatomit son yıllarda alternatif bir düzenleyici olarak üzerinde durulan bir materyal olmakla birlikte bu materyal ile ilgili araştırmalar henüz yetersiz durumdadır. Bu çalışmada tın (L), killi tın (CL) ve kil (C) tekstüre sahip yüzey toprak örneklerine dört farklı dozda (%0, %3, %6, %12) diatomit uygulamasının bazı toprak özellikleri ile kıvam limitleri üzerine etkileri incelenmiştir. Sera koşullarında yürütülen çalışmada, diatomit uygulama dozlarına bağlı olarak toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinde artış, pH değerlerinde ise nötre doğru değişimler gözlemlenmiştir. Toprakların likit ve plastik limit değerlerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) artışlar tespit edilmiştir. Artış düzeyi toprak tekstürü, organik madde içeriği ve değişebilir katyon miktarına bağlı olarak gerçekleşmiştir. Plastiklik indeksi değerindeki değişim daha düşük düzeyde kalmış olup topraklar (%) bu açıdan $L (19,33) > CL (15,08) > C (-1,75)$ şeklinde sıralanmışlardır.

Anahtar Kelimeler: Toprak özellikleri, tekstür, kıvam limitleri, diatomit

Effects of diatomite application on some soil properties and Atterberg limits

Abstract

In today's conditions, many soil conditioners are used to change the soil properties in line with their intended use and to eliminate the problems encountered, and studies on their effectiveness are continuing. Although diatomite is a material that has been emphasized as an alternative regulator in recent years, research on this material is still insufficient. In this study, the effects of diatomite application at four different doses (0%, 3%, 6%, 12%) to surface soil samples with loam (L), clay loam (CL) and clay (C) texture on some soil properties and consistency limits were investigated. In the study conducted under greenhouse conditions, an increase in the electrical conductivity (EC) values of the soils and changes towards neutral pH values were observed depending on the diatomite application doses. Statistically significant ($p < 0.01$) increases in liquid and plastic limit values of soils were determined. The level of increase was realized depending on soil texture, organic matter content and exchangeable cation content. The change in the plasticity index value was at a lower level and the soils (%) were ranked as $L (19.33) > CL (15.08) > C (-1.75)$ in this respect.

Keywords: Soil properties, texture, Atterberg limits, diatomite.

© 2025 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Toprak özelliklerinin kullanım amaçları doğrultusunda iyileştirilmesinde organik ve inorganik kökene sahip toprak düzenleyicileri önemli katkılar sağlamaktadırlar. Söz konusu düzenleyicilerin uygulanması, toprağın dinamik göstergelerini iyileştirmekte, toprağın sahip olduğu problemleri bertaraf etmekte ve çevresel sorunların çözümüne katkılar sağlamaktadır (Özdemir ve ark., 2017). Düzenleyici tercihi beklenen faydaların yanında; elde edilme şekli, sürdürülebilirliği, geri dönüştürülme imkânları düşük maliyetli ve kolay ulaşılabilir olmaları, tarımsal üretkenliği sürdürülebilir kılmaları öne çıkmaktadır (Mekuria ve ark.,

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (532) 333 0494
E-posta : nutullah@omu.edu.tr

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 27 Ocak 2025 e-ISSN : 2146-8141
Kabul Tarihi : 30 Mayıs 2025 DOI : 10.33409/tbbbd.1627635

2013; Wallece ve ark., 2020; Fang, ve ark., 2024). Günümüz koşullarında alternatif düzenleyiciler üzerindeki araştırmalar öne çıkmaktadır. Diatomit olarak bilinen (*Bacillariophyta*) ve ökaryotik, tek hücreli, mikroskobik alglerin fosilleşmiş silisli kabuklarından meydana gelen sedimanter kayaların dolgu malzemesi üretimi, filtrasyon işlemleri, katalizör taşıyıcısı, silisyum kaynağı, hafif yapı malzemesi, seramik hammaddesi, izolasyon malzemesi imalatı gibi birçok alanda kullanılabilirliği araştırılmıştır (Taş ve Çetin, 2012; Ghobara ve ark., 2019; Wallace, 2020; Gondek ve ark., 2023). Ancak diatomitin tarımsal toprak düzenleyicisi amacıyla kullanımı yeni bir olgudur ve üzerindeki araştırmalar devam etmektedir (Aksakal ve ark., 2012; Samani, 2024).

Marumoto ve Shindo (1993) yürüttükleri bir araştırmada 1 ton/dekar düzeyinde diatomit uygulamasının yarayışlı su kapasitesini ve permabilitiyi arttırdığını, hacim ağırlığı değerlerini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Waltz ve McCarty (2005) ise ABD'nin güneydoğusunda yer alan ve peat yapılı ana materyallerin golf sahalarında kullanılabilirliğini irdeledikleri araştırmada kumlu tekstürel yapıdaki taban toprağını ıslah etmek üzere %15 oranında Kanada torfu, kalsit, kil ve diatomit kullanmışlardır. Sonuçta, kontrole göre inorganik materyal karışımlarının hacim ağırlığını %7,45 oranında azalttığı en fazla etkinin Kanada torfunda (%12,4) sağlandığı bildirilmiştir. Benzer bir araştırma yürüten Richardson ve Karcher (2001) ise kum tabanlı yeşil alanların fiziksel ve kimyasal özelliklerini düzeltmek üzere doğal zeolitin, kalsitin, kilin ve diatomitin etkilerini irdelemişlerdir. Bileşenlerin hacim oranına göre %20 kum ile diğer materyaller karıştırılarak uygulanan araştırma sonucunda yüzey sertliğinin iyileştiği bildirilmiştir.

Qu ve Zhao (2016) farklı tectüre sahip topraklarda diatomit uygulamasının kıvam sınırları üzerindeki etkilerini değerlendirdikleri çalışma sonucunda kıvam sınırlarının önemli ölçüde iyileştiğini ve en belirgin etkinin siltli topraklarda gerçekleştiğini ifade etmişlerdir. Diğer taraftan diatomit uygulamasının bütün toprakların maksimum kuru birim ağırlığını düşürürken optimum nem içeriklerini arttırdığını tespit etmişlerdir. Kuzina ve ark. (2021) ise yürüttükleri bir çalışmada diatomit ve farklı gübre kombinasyonlarının verim ve toprak özellikleri üzerindeki etkilerini irdelemişlerdir. Araştırmacılar sonuçta diatomit ve gübre kombinasyonlarının toprak özelliklerini ve verimi olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir.

Diatomit yüksek gözenekliliğe, düşük özgül ağırlığa ve yüksek nem tutma kapasitesine sahip olması, tarım toprakları için araştırmaya değer bir kaynak olduğunu göstermektedir (Aksakal ve ark., 2012). Bunun yanında yüksek oranda SiO₂ ihtiva etmesi, bitki beslenmesi adına dikkate değer bir husustur (Prakash ve ark., 2021). Bu çalışma; farklı tekstüre sahip topraklara diatomit uygulanmasının bazı toprak özellikleri ve kıvam limitleri üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem

Bu araştırma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanlarından (41°21'50.0"N 36°11'23.2"E, 41°33'36.8"N 35°51'57.5"E, 41°33'39.9"N 35°51'57.4"E) alınan yüzey toprak örnekleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

İnkübasyon çalışması olarak yürütülen araştırmada 4 kg'lık saksılar kullanılmıştır. Saksılara aktarılan toprak örneklerine fırın kuru ağırlık esasına göre %0, %3, %6, %12 seviyesinde (Hemmad ve ark., 2010; Nalbant, 2013; Aksakal ve ark., 2013) diatomit ilave edilerek karıştırılmıştır. Hazırlanan saksılar sera koşullarında 75 gün süre ile inkübasyona bırakılmıştır. Bu süreçte topraktaki elverişli nemin %50'si tükenince tekrar sulama yapılmıştır. İnkübasyon sürecinin tamamlanmasından sonra toprak örnekleri laboratuvara aktararak gerekli analiz ve değerlendirmeler yapılmıştır.

Toprak bünyeleri (tekstürleri) Bouyoucos hidrometre yöntemi (Demiralay, 1993), örneklerin pH değerleri 1:2.5'luk toprak-saf su karışımında pH-metre (Kaçar, 2016), elektriksel iletkenlik değerleri 1:2.5'luk toprak-saf su karışımında EC-metre (Kaçar, 2016), kireç kapsamları Scheibler kalsimetresi (Kaçar, 2016), organik madde içerikleri Walkey-Black yöntemi (Kaçar, 2016), tarla kapasitesi (0.33 atm) ve solma noktası (15 atm) nem yüzdeleri basınçlı tabla aleti (Demiralay, 1993), pF' 2'deki nem içerikleri (0.01 atm) nem yüzdeleri basınçlı tabla aleti (Demiralay, 1993), katyon değişim kapasiteleri Bower yöntemi (Kaçar, 1994), değişebilir katyonlar (Na, K, Ca, Mg) amonyum asetat ile ekstraksiyon metodu (Kaçar, 1994), likit limit değerleri Casagrande yöntemi (Demiralay, 1993), plastik limit değerleri macun haline getirilen toprağın seramik bir zemin üzerinde yuvarlatıldığında 3 mm kalınlığına erişirken dağılmaya başladığı andaki nem içeriği (Demiralay, 1993), plastiklik indeksi değerleri likit limit ve plastik limit nem içerikleri arasındaki sayısal fark (Demiralay, 1993), esas alınarak belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Üç farklı tekstüre sahip yüzey toprak örnekleri kullanılarak sera koşullarında yürütülen çalışmada kullanılan toprak örneklerinde deneme öncesinde ve deneme sonrasında belirlenen bazı fiziksel ve kimyasal özellikler (ortalama) Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Toprakların deneme öncesinde ve sonrasında belirlenen bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

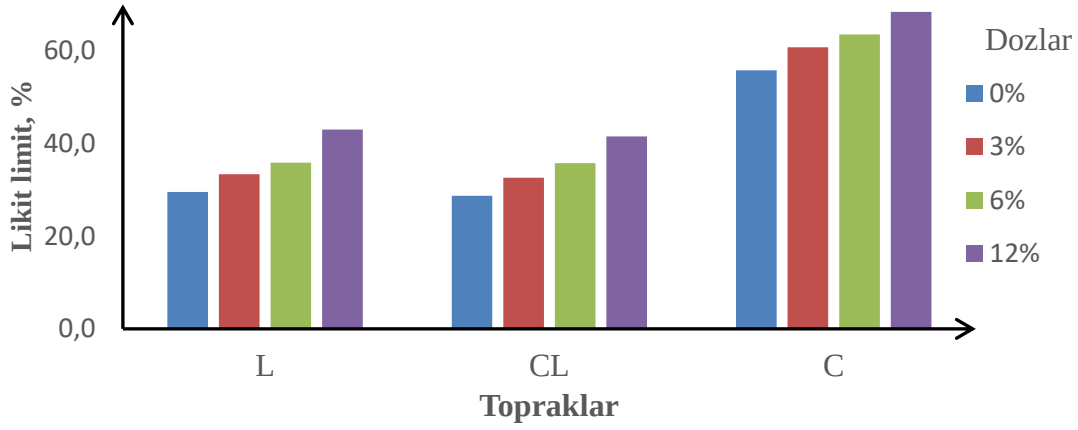
Deneme öncesine ait bazı toprak özellikleri													
Top.	Tekst sınıfı	pH, 1:2.5	EC, $\mu\text{S/cm}$	Kum, %	Silt, %	Kil, %	OM, %	Kireç, %	Ca, me/100g	Mg, me/100g	Na, me/100g	K, me/100g	KDK, me/100g
1	L	7,66	419,1	45,40	30,48	24,12	1,11	15,3	52,94	12,03	0,703	0,504	66,18
2	CL	7,66	445,3	42,36	29,60	28,04	1,50	15,9	52,37	15,11	0,983	0,548	69,01
3	C	6,83	690,2	24,19	26,03	49,78	1,97	3,36	47,66	19,23	0,714	1,531	69,13
Denemede kullanılan diatomitin özellikleri													
pH, 1:2.5		EC, $\mu\text{S/cm}$		OM, %		Kireç, %		KDK, me/100g					
8,35		460		0,06		1,20		24,23					
Deneme sonrasındaki bazı toprak özellikleri													
Toprak	Doz Orta.	pH, (1:2.5)	EC ($\mu\text{S/cm}$)	OM, %	Kireç, %	Ca, me/100g	Mg, me/100g	Na, me/100g	K, me/100g	KDK, me/100g			
1(L)	0	7,66	409,47	1,10	15,13	53,40	11,80	0,70	0,50	66,40			
	3	7,47	743,90	1,19	14,60	53,75	13,64	0,71	0,54	68,64			
	6	7,44	1024,80	1,11	13,93	53,81	14,64	0,75	0,58	69,78			
	12	7,37	1494,67	1,11	13,57	55,31	15,04	0,79	0,64	71,78			
2 (CL)	0	7,67	395,33	1,52	16,40	51,98	14,37	0,96	0,55	67,86			
	3	7,59	678,30	1,53	16,07	56,01	14,06	0,96	0,58	70,62			
	6	7,51	1012,0	1,44	15,40	57,71	15,27	1,01	0,62	71,62			
	12	7,45	1388,0	1,43	15,10	58,05	15,83	1,04	0,70	75,64			
3 (C)	0	6,82	669,27	2,11	3,08	47,96	18,92	0,72	1,56	69,16			
	3	6,98	963,87	2,06	3,14	49,27	20,38	0,77	1,59	72,01			
	6	7,10	1201,67	2,05	3,20	50,50	23,22	0,79	1,63	76,15			
	12	7,14	1855,00	1,94	3,40	55,36	24,58	0,80	1,73	82,47			

Çizelge 1’in incelenmesinden de görüleceği üzere deneme başlangıcında; Bafra araştırma ve uygulama arazisinden alınan 1 numaralı toprak örneği tınlı tekstüre (L), düşük alkali karaktere, tuzsuz bir yapıya, düşük seviyede organik madde kapsamına, fazla seviyede kireç içeriğine sahiptir. Yine Ziraat Fakültesi Bafra deneme alanından alınan 2 numaralı toprak örneği; killi tın tekstüre (CL), hafif alkali karaktere, tuzsuz bir yapıya, az organik madde düzeyine ve fazla kireçli bir yapıya sahiptir. Ziraat Fakültesi kampüs uygulama sahasından alanından alınan 3 numaralı toprak örneği; kil (C) tekstürlü, hafif asit, tuzsuz, organik madde içeriği orta, az kireçli niteliktedir. Topraklarda ($\text{pH} < 8.5$) tuzluluk ve alkalilikle ilişkili herhangi bir problem bulunmamaktadır (Kimsey ve ark., 2020).

Toprak reaksiyonunun diatomit uygulamalarından etkilendiği ve inkübasyon süreci sonrasında, uygulama düzeylerine paralel olarak L ve CL tekstüre sahip topraklarda nötral noktaya doğru düşüş, C tekstüre sahip hafif asit reaksiyonlu toprakta ise nötral noktaya doğru bir yükselme meydana geldiği tespit edilmiştir (Çizelge 1). Elektriksel iletkenlik değerlerinin ise her üç toprak grubunda da uygulama düzeylerine paralel olarak artış gösterdiği belirlenmiştir. Toprakların kireç ve organik madde kapsamlarında düşük düzeyli değişimler meydana gelmiştir. Toprakların katyon değişim kapasitesi ve değişebilir katyon (Ca, Mg; Na, K) içeriklerinde diatomit uygulama düzeylerine bağlı artışlar meydana gelmiştir. Meydana gelen değişimin toprak özelliklerinden etkilendiği saptanmıştır (Çizelge 1).

Likit limit

Sera koşullarında, tın, killi tın ve kil tekstürlü yüzey toprak örneklerine dört farklı düzeyde diatomit uygulanarak inkübasyona bırakılması sonrasında topraklarda saptanan akışkanlık limit değerlerine ait değişimler Şekil 1’de ve bu değerlere ilişkin istatistiksel analiz sonuçları ile bazı toprak özellikleri arasındaki istatistiksel ilişkiler Çizelge 2 ve Çizelge 3’de verilmiştir. Şekil 1’in yorumlanmasından da anlaşılabileceği üzere her üç toprak grubunda da uygulanan diatomit dozlarına paralel olarak likit limit değerlerinde artışlar olmuştur.



Şekil 1. Uygulamalara bağlı olarak toprakların likit limit değerlerindeki değişimleri

Denette Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bafra deneme alanından alınan 1 numaralı toprakta (L) diatomit uygulama dozuna paralel artışlar meydana gelmiş olup denet toprak örneğinde 29,55 olan likit limit değeri, %12 diatomit uygulama dozunda 43,01 çıkmıştır. Yine aynı istasyondan alınan 2 numaralı toprakta (CL) ise benzer bir değişim gözlenmiş olup denette 28,71 olan likit limit değeri, diatomit uygulamalarına bağlı olarak %12 doz uygulamasında 41,53'e kadar yükselmiştir. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi kampüs deneme alanından alınan 3 numaralı kil bünyeli (C) toprakta ise 55,78 olan likit limit değeri %12 diatomit uygulama dozunda 68,37'ye çıkmıştır. Söz konusu etki açısından meydana gelen değişimin uygulama dozu, toprağın tekstürel yapısı ve kimyasal bileşiminden etkilendiği ve en yüksek düzeydeki artışın %12 dozunda meydana geldiği tespit edilmiştir (Şekil 1, Çizelge 2).

Çizelge 2. Likit limit değerlerine ilişkin varyans analizi ile Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kaynaklar	Serbestlik der.	Varyans analizi sonuçları			
		Kareler top.	Kareler ort.	F değeri	Önem düzeyi
Topraklar (A)	2	5859,70	2929,85	416,31	0,00
Dozlar (B)	3	796,84	265,61	37,74	0,00
AxB	6	5,52	0,92	0,13	0,99
Hata	24	168,90	7,04		
Genel	36	76754,98			
Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (Ortalamalar*)					
Topraklar		L	CL	C	
Likit limit değerleri		35,45a	34,66a	62,11b	
Dozlar		% 0	%3	%6	%12
Likit limit değerleri		38,02a	42,25b	45,04b	50,97c

*: Ayrı harflerle gösterilen ortamlar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre birbirlerinden %1 düzeyinde farklıdırlar.

Her üç toprak grubunda da diatomit uygulamalarının likit limit değerleri üzerindeki etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları değerlendirildiğinde (Çizelge 3), diatomit ve uygulama düzeylerine ait kareler ortalamasının önemli ($p < 0,01$) olduğu görülmüştür. Önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ilişkin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları irdelendiğinde ise L ve CL tekstürlü topraklarda, diatomit uygulama sonuçlarının benzerlik gösterdiği fakat C tekstür sınıflı toprakta ise etkinin farklı olduğu belirlenmiştir. Dozların etkileri irdelendiğinde ise %3 ve %6 dozlarının kendi aralarında benzerlik gösterdiği görülmüştür.

Toprakların likit limit değerleri ile (-0,963**), kuru birim ağırlığı (-0,963**), kum (-0,883**), silt (-0,610**), kireç (-0,940**) değerleri arasında %1 seviyesinde önemli negatif korelasyonlar belirlenirken diğer taraftan toprakların plastik limit (0,905**), plastiklik indeksi (0,937**), agregat stabilitesi (0,966**), kil (0,868**), organik madde (0,805**), değişebilir magnezyum (0,927**), değişebilir potasyum (0,961**), katyon değişim kapasitesi (0,7192**) verileri arasında istatistiksel anlamda %1 seviyesinde önemli pozitif ilişkiler saptanmıştır.

Çizelge 3. Deneme sonrasında bazı toprak özellikleri arasındaki karşılıklı ilişkiler

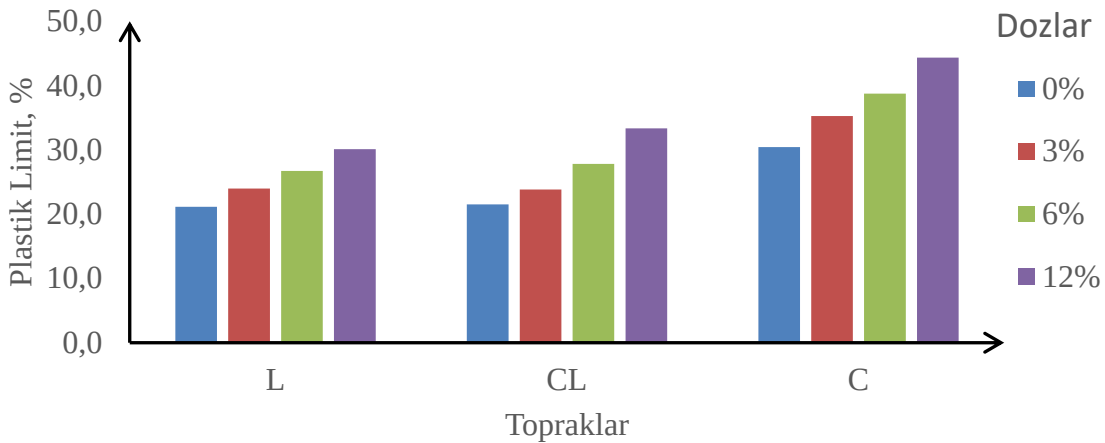
Top.Öz.	LL	PL	PI	AS	Kum	Silt	Kil	OM	Kireç	Mg	Ca	Na	K
LL	1,000												
PL	,915**	1,000											
PI	,937**	,716**	1,000										
AS	,966**	,958**	,840**	1,000									
Kum	-,883**	-,698**	-,922**	-,789**	1,000								
Silt	-,610**	-,483**	-,636**	-,526**	,727**	1,000							
Kil	,868**	,687**	,907**	,773**	-,991**	-,813**	1,000						
OM	,805**	,636**	,841**	,697**	-,955**	-,756**	,958**	1,000					
Kireç	-,940**	-,777**	-,953**	-,884**	,956**	,661**	-,941**	-,856**	1,000				
Mg	,927**	,876**	,845**	,921**	-,837**	-,602**	,828**	,787**	-,893**	1,000			
Ca	-,394*	-0,082	-,610**	-0,276	,637**	,439**	-,627**	-,555**	,635**	-,434**	1,000		
Na	-0,273	-0,058	-,422*	-0,266	0,261	0,061	-0,234	-0,048	,450**	-0,247	,613**	1,000	
K	,961**	,832**	,942**	,906**	-,967**	-,703**	,959**	,900**	-,985**	,921**	-,548**	-0,309	1,000
KDK	,719**	,887**	,475**	,793**	-,455**	-,346*	,454**	,465**	-,508**	,757**	0,259	0,198	,604**

*: LL: Likit limit, PL: Plastik limit, PI: Plastiklik indeksi, AS: Agregat Stabilitesi, OM: Organik Madde, Mg: Magnezyum, Ca: Kalsiyum, Na: Sodyum, K: Potasyum, KDK: Katyon Değişim Kapasitesi.

Toprakların denet akışkanlık limit değerlerine göre uygulamaların meydana getirdiği ortalama oransal değişimler irdelendiğinde düzenleyicilerin bu açıdan CL (20,72) > L (19,96) > C (11,36) şeklinde etkili oldukları saptanmıştır. Diğer taraftan artan uygulama dozlarının oluşturduğu etkiler incelendiğinde ise killi toprakta %3 tınlı ve kumlu toprakta ise %12 doz uygulamasının ön plana çıktığı dikkat çekmektedir. Bu durum muhtemelen kil, organik madde ve diatomit arasındaki etkileşimden kaynaklanmış olabilir. Le ve ark. (2024), diatomit uygulamasının toprak özellikleri üzerindeki etkilerini irdeledikleri bir çalışmanın sonucunda, artan diatom miktarının toprakta kıvam limitlerini yükselttiğini ve mekaniksel özellikleri iyileştirdiğini vurgulamışlardır. Aksakal ve ark (2013) ise diatomit uygulamasının kıvam limitleri üzerindeki etkilerini irdeledikleri bir araştırmada kontrol ile karşılaştırıldığında uygulamaların likit limit değerlerini artırdığını etkinin düşük kil içeriğine sahip topraklarda daha belirgin olduğunu vurgulamışlardır.

Plastik limit

Sera koşullarında, tın, killi tın ve kil olmak üzere üç farklı tekstüre sahip yüzey toprak örneklerine dört farklı düzeyde diatomit uygulanarak inkübasyona bırakılması sonrasında topraklarda saptanan plastik limit değerlerine ait değişimler Şekil 2'de ve bu değerlere ilişkin istatistiksel analiz sonuçları ile bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiler ise Çizelge 4 ve Çizelge 3'de verilmiştir. Şekil 2'in yorumlanmasından da anlaşılacağı üzere her üç toprak gurubunda da uygulanan diatomite bağlı olarak plastik limit değerlerinde artışlar oluşmuştur.



Şekil 2. Uygulamalara bağlı olarak toprakların plastik limit değerlerindeki değişimler

Meydana gelen artışlar irdelendiğinde, artışın uygulama dozuna paralel olarak gerçekleştiği, Ziraat Fakültesi Bafra deneme alanından alınan 1 numaralı (L) denet örnekte 21,13 olan plastik limit değerinin %12 diatomit uygulama dozunda 30.09 çıktığı belirlenmiştir. Yine aynı istasyondan alınan 2 numaralı toprakta (CL) ise benzer bir değişim gözlenmiş olup denette 21,51 olan plastik limit değeri diatomit uygulamalarına bağlı olarak %12 doz uygulamasında 33.33'e kadar yükselmiştir. Ziraat Fakültesi kampüs deneme alanından alınan 3 numaralı kil bünyeli (C) toprakta ise 30.41 olan plastik limit değeri %12 diatomit uygulama dozunda 44.43'e çıkmıştır.

Çizelge 4. Plastik limit değerlerine ilişkin varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kaynaklar	Serbestlik der.	Varyans analizi sonuçları		F değeri	Önem düzeyi
		Kareler top.	Kareler ort.		
Topraklar (A)	2	999,71	499,85	359,73	0,000
Dozlar (B)	3	659,48	219,83	158,20	0,000
AxB	6	23,09	3,85	2,77	0,034
Hata	24	33,35	1,39		
Genel	36	33607,07			
Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (Ortalamalar*)					
Topraklar		L	CL	C	
Likit limit değerleri		25,48a	26,62a	37,19b	
Dozlar		% 0	%3	%6	%12
Likit limit değerleri		24,35a	27,69b	31,09c	35,92d

*: Ayrı harflerle gösterilen ortamlar adı geçen teste göre birbirlerinden %1 düzeyinde farklıdır

Her üç toprak grubunda da diatomit uygulamalarının plastik limit değeri üzerindeki etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları değerlendirildiğinde (Çizelge 4), diatomit ve uygulama düzeylerine ait kareler ortalamasının önemli ($p<0,01$) olduğu görülmüştür. Önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ilişkin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları irdelendiğinde ise L ve CL tekstürlü topraklarda, diatomit uygulama sonuçlarının benzerlik gösterdiği fakat C tekstür sınıflı toprakta ise etkinin farklı olduğu belirlenmiştir. Uygulama dozlarına ait etkinliklerinin birbirinden farklı olduğu saptanmıştır.

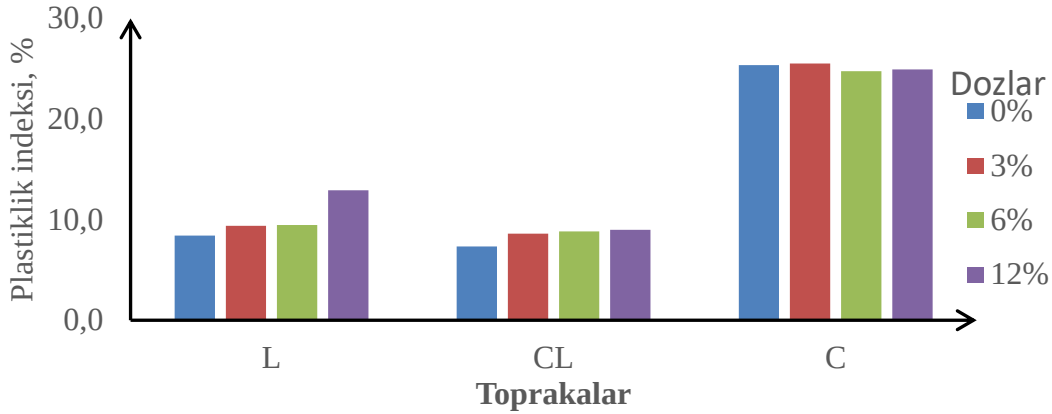
Toprakların plastik limit değerleri ile (-0,963**), kum (-0,698**), silt (-0,483**), kireç (-0,777**) verileri arasında %1 seviyesinde önemli negatif korelasyonlar belirlenirken toprakların likit limit (0,915**), plastiklik indeksi (0,716**), agregat stabilitesi (0,958**), kil (0,687**), organik madde (0,636**), değişebilir magnezyum (0,876**), değişebilir potasyum (0,832**), kation değişim kapasitesi (0,887**) değerleri arasında %1 seviyesinde önemli pozitif ilişkiler saptanmıştır.

Toprakların denet plastik limit değerlerine göre uygulamaların meydana getirdiği ortalama oransal değişimler irdelendiğinde düzenleyicilerin bu açıdan CL (23,75) > C (22,26) > L (20,58) şeklinde etkili oldukları saptanmıştır. Diğer taraftan artan uygulama dozlarının oluşturduğu etkiler incelendiğinde ise kil ve killi tın tekstürlü toprakta %12 doz uygulamasının tın tekstürlü toprağa göre daha etkin olduğu anlaşılmaktadır. Bu bulgular diatomitin plastik limit değerleri üzerindeki etkisinin toprak özelliklerinden etkilendiğini göstermektedir (Çizelge 3, Şekil 2). Munsuz ve Akyıldız (1979), Afşin-Elbistan bölgesi linyit kömürü havzasından elde edilen gıda materyalinin bölge tarım topraklarının fiziksel özellikleri üzerine etkilerini inceledikleri bir laboratuvar çalışmada, gıda ilavesinin killi, tınlı ve killi-tınlı bünyedeki toprakların plastik limit değerlerini yükselttiğini belirlemişlerdir. Aksakal ve ark. (2013) ise diatomit uygulamasının kıvam limitleri üzerindeki etkilerini irdelikleri araştırmada plastik limit değerleri üzerindeki etkinliğin temel toprak özelliklerine bağlı olarak değişim gösterdiğini vurgulamışlardır.

Plastiklik indeksi

Sera koşullarında, üç farklı tekstüre (L, CL, C,) sahip yüzey toprak örneklerine dört farklı düzeyde diatomit uygulanarak inkübasyona bırakılması neticesinde topraklarda saptanan plastiklik indeksi verilerine ait değişimler Şekil 3'de, varyans analizi ile çoklu karşılaştırma testi verileri Çizelge 5'te, bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiler ise Çizelge 3'te verilmiştir. Şekil 3'ün incelenmesinden de görüleceği üzere her üç toprak grubunda da uygulanan diatomit, toprakların plastiklik indeksi değerlerinde değişimlere neden olmuştur. Meydana gelen değişimler (ortalama) irdelendiğinde, değişimin uygulama dozuna paralel olarak gerçekleştiği, Ziraat Fakültesi Bafra deneme alanından alınan 1 numaralı (L) denet örnekte 8.422 olan plastiklik indeksi değerinin %12 diatomit uygulama dozunda 12.919 çıktığı belirlenmiştir. Yine aynı istasyondan alınan 2 numaralı toprakta (CL) da benzer bir değişim gözlenmiş olup denette 7.334 olan plastiklik indeksi değeri diatomit uygulamalarına bağlı olarak %12 doz uygulamasında 8.993'e kadar

yükselmiştir. Ziraat Fakültesi kampüs deneme alanından alınan 3 numaralı kil bünyeli (C) toprakta ise 25.365 olan plastik limit değeri %12 diatomit uygulama dozunda 24.937'ye düşmüştür.



Şekil 3. Uygulamalara bağlı olarak plastiklik indeksi değerlerindeki değişimler

Diatomit uygulamalarının plastiklik indeksi değerleri üzerindeki etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları değerlendirildiğinde (Çizelge 5), topraklara ait kareler ortalamasının önemli ($p < 0,01$) olduğu, fakat diatomit uygulama dozlarına ilişkin etkilerin önemli olmadığı görülmüştür ($p > 0,01$). Önemli bulunan varyasyon kaynağına ilişkin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucu irdelendiğinde ise CL ve L tekstürlü topraklarda, diatomit uygulama sonuçlarının benzerlik gösterdiği fakat C tekstür sınıflı toprakta ise etkinin farklı olduğu belirlenmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre veri ortalamaları arasındaki farklılık ($p < 0,01$) seviyesinde önemli çıkmıştır (Farklı harfle işaretlenen ortalamalar bu teste göre birbirinden farklıdır).

Çizelge 5. Plastiklik indeksi değerlerine ilişkin varyans analizi ile Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.

Kaynaklar	Serbestlik der.	Varyans analizi sonuçları		F değeri	Önem düzeyi
		Kareler top.	Kareler ort.		
Dozlar (B)	3	12,130	4,043	0,537	0,661
AxB	6	33,439	5,573	0,741	0,622
Hata	24	180,560	7,523		
Genel	36				
Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (Ortalamalar*)					
Topraklar		L	CL	C	
Likit limit değerleri		9,9682a	8,44a	24,9218b	

*: Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar adı geçen teste göre birbirlerinden %1 düzeyinde farklıdır

Toprakların plastiklik indeksi değerleri ile maksimum kuru birim ağırlığı (-0,913**), kum (-0,922**), silt (-0,636**), kireç (-0,953**), kalsiyum (-0,610**) değerleri arasında %1 seviyesinde önemli negatif korelasyonlar belirlenirken diğer taraftan toprakların likit limit (0,937**), plastik limit (0,716**), LL/pF'2 nemi (0,872**), PL/pF'2 nemi (0,662**), agregat stabilitesi (0,840**), kil (0,907**), organik madde (0,841**), değişebilir magnezyum (0,845**), değişebilir potasyum (0,942**), kation değişim kapasitesi (0,475**) değerleri arasında %1 seviyesinde önemli pozitif ilişkiler göstermiştir.

Toprakların denet plastiklik indeksi değerlerine göre uygulamaların meydana getirdiği ortalama oransal değişimler irdelendiğinde düzenleyicilerin bu açıdan L (19,33) > CL (15,08) > C (-1,75) şeklinde etkili oldukları saptanmıştır. Diğer taraftan artan uygulama dozlarının oluşturduğu etkiler incelendiğinde tınlı toprakta %12 uygulama dozunun, killi tın tekstürlü toprakta ise %3 uygulama dozunun oransal olarak daha etkili olduğu görülmüştür. Kil tekstürlü toprakta ise %3 uygulama düzeyi indeks değerlerinde düşük düzeyli bir artış sağlarken diğer uygulama düzeyleri indeks değerlerini düşürmüştür. Bu bulgular diatomitin plastiklik indeksi değerleri üzerindeki etkisinin toprak özelliklerinden etkilendiğini aynı zamanda söz konusu materyalin likit ve plastik limitler üzerindeki etkilerinin farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Plastiklik indeksi değeri toprakların sıkışmaya müsaitlik durumunun değerlendirilmesinde bir indeks rolüne sahiptir (Jumikis, 1984; Mapfumo and Chanasyk, 1998). İndeks değeri 7'den küçük ise toprağın düşük plastisiteye, değer 7-17 arasında ise orta derecede plastisiteye ve 17'den büyük ise yüksek derecede plastisiteye sahip olduğunu gösterir. Bu açıdan bir değerlendirme yapıldığında çalışmada kullanılan killi toprağın oldukça plastisiteli, tın ve killi tın tekstürlü toprağın ise orta derecede plastisiteye sahip olduğu ve bu doğrultuda deformasyonun meydana geleceği dar nem aralığı nedeniyle şiddetli sıkışmaya daha az

meyilli olduğu ifade edilebilir. Uygulanan diatomitin killi toprakta indeks değerini düşürerek sıkışma riskini azalttığını göstermektedir. Aksakal ve ark. (2013) diatomit kullanarak yaptıkları bir araştırmada burada elde edilen sonuçlara benzer bulgu elde etmişlerdir.

Sonuç

Sera koşullarında tın (L), kili tın (CL) ve kil (C) tekstürlü yüzey toprak örneklerine dört farklı dozda (%0, %3, %6, %12) diatomit ilave edilerek inkübasyon denemesi şeklinde yürütülen çalışma sonucunda;

Topraklarda pH değerlerinin diatomit uygulama dozuna paralel olarak CL ve L tekstüre sahip topraklarda nötral noktaya doğru düşüş, C tekstüre sahip hafif asit reaksiyonlu toprakta ise nötral noktaya doğru bir yükselme gösterdiği tespit edilmiştir. Diatomit uygulaması, toprakların EC değerlerini arttırmıştır. Toprakların kireç ve organik madde kapsamalarında; düşük düzeyli değişimler meydana gelmiş olup değişim seviyesi toprakların başlangıçtaki özelliklerine bağlı olmuştur. Diatomit uygulama dozlarına paralel olarak toprakta tutulan su miktarı, değişebilir katyonlar ve katyon değişim kapasitesi değerlerinde artışlar meydana gelmiştir.

Diatomit uygulaması toprakların LL ve PL değerlerini yükseltirken PI değerinde önemli bir değişime neden olmamıştır. Bu durum likit ve plastik limit değerlerinde diatomitin oluşturduğu etkinin benzerlik göstermesinden kaynaklandığını ortaya koymaktadır. Meydana gelen değişim toprak özellikleri ve uygulama dozundan etkilenmiş olup diatomitin iyileştirici etkisi L tekstürlü toprakta daha etkin olmuştur.

Elde edilen bulgular diatomit uygulamasının, toprakların fiziksel yapısını iyileştirme açısından olumlu sonuçlar verdiğini ve diatomitin, toprak düzenleyicisi potansiyeli olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte diatomitin bileşim ve özelliklerinin elde edildiği bölgeye göre değiştiğini gözden uzak tutmamak gerekir. Kullanım amacı ve elde edilecek sonuçlar diatomitin içeriğine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Diatomitin etkinliği ve toprak düzenleme hedefi, toprağın başlangıç koşullarıyla da yakından ilişkilidir. Dolayısıyla üzerinde daha fazla araştırma yapılmasında yarar bulunmaktadır.

Kaynaklar

- Aksakal E L, Angin I, Oztas T. 2012. Effects of diatomite on soil physical properties. *Catena*, 88(1), 1-5.
- Aksakal E L, Angin I, Oztas T. 2013. Effects of diatomite on soil consistency limits and soil compactibility. *Catena*, 101, 157-163.
- Demiralay İ. 1993. Toprak fiziksel analizleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 143, 13-19.
- Fang Y, Huang H, Wang X, Zhao Y, Gao Y, Cui X. 2024. Effects of composite soil conditioner on soil properties and corn yield in a saline-alkali soil. *Soil Use and Management*, 40(3), e13095.
- Ghobara M M, Ghobara M M, Ghobara M M, Mohamed A. 2019. Diatomite in use: Nature, modifications, commercial applications and prospective trends. *Diatoms: fundamentals and applications*, 471-509.
- Gondek K, Mierzwa-Hersztek M. 2023. Effect of soil supplementation with mineral-organic mixtures on the amount of maize biomass and the mobility of trace elements in soil. *Soil and Tillage Research*, 226, 105558.
- Hemmat A, Aghilinategh N, Rezainejad Y, Sadeghi M. 2010. Long-term impacts of municipal solid waste compost, sewage sludge and farmyard manure application on organic carbon, bulk density and consistency limits of a calcareous soil in central Iran. *Soil Tillage Research* 108, 43-50.
- Kacar B. 2016. Fiziksel ve kimyasal toprak analizleri, Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Kacar B. 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III. A.Ü.Ziraat Fak.Eğ.Arş. Vak .Yay. No. 3:
- Kimsey MJ, Laing LE, Anderson SM, Bruggink J, Campbell S, Diamond D, Vaughan R. 2020. Soil mapping, monitoring, and assessment. *Forest and rangeland soils of the United States under changing conditions: A comprehensive science synthesis*, 169-188.
- Kuzina EE, Arefyev AN, Kuzin EN. 2021. Influence of diatomite and its combinations with manure on the fertility of leached black earth soil (chernozem) and on the yield of vegetable crops. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 27(3).
- Lee J, Fratta D, Palomino AM. 2024. The effect of diatom content on the physical, electrical, and mechanical properties of soils. *Acta Geotechnica*, 19(4), 2251-2271.
- Mekuria W, Getnet K, Noble A, Hoanh CT, McCartney M, Langan S. 2011. Economic valuation of organic and clay-based soil amendments in small-scale agriculture in Lao PDR. *Field Crops Research*, 149, 379-389.
- Nalbant H. 2013. Uygun olmayan fiziksel koşullara sahip toprakların toprak düzenleyicileri ile iyileştirilmesi üzerine bir araştırma.
- Özdemir N. 2013. Toprak ve Su Korums. OMÜ Ziraat Fakültesi Ders kitabı No. 22. Samsun.
- Özdemir N, Öztürk E, Durmuş ÖTK. 2017. Organik düzenleyici uygulamalarının yapay yağış koşulları altında toprak kaybı üzerine etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 32(1), 114-120.

- Qu JL, Zhao DX. 2016. Comparative research on tillable properties of diatomite-improved soils in the Yangtze River Delta region, China. *Science of the Total Environment*, 568, 480-488.
- Richardson MD, Karcher DE. 2001. Addition of inorganic amendments to a mature, sand-based putting green. *International Turfgrass Society Research Journal*, 2001, Vol. 9, 610-614 ref. 10
- Samani M, Ahlawat YK., Golchin A, Alikhani HA, Baybordi A, Mishra S. 2024. Modified diatomite for soil remediation and its implications for heavy metal absorption in *Calendula officinalis*. *BMC Plant Biology*, 24(1), 357.
- Taş B, Çetin M. 2012. Biyolojik orijinli tek doğal mineral: diatomit. *Tübvav Bilim Dergisi*, 5(2), 28-46.
- Wallace A. 2020. Some living plants and some additional products useful as soil conditioners and in various technologies. In *Handbook of soil conditioners* (pp. 463-510). CRC Press.
- Waltz FJ, McCarty LB. 2005. Field evaluation of soil amendments used in rootzone mixes for golf course putting greens. *International Turfgrass Society Research Journal*, 2005, Vol. 10, 1150-1158.