



Hümik asit ve polimer uygulamalarının kıvam limitleri üzerine etkileri

 Nutullah ÖZDEMİR*,  Zerrin CİVELEK

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

Öz

Araştırmada, toprağa polimer ve hümik asit ilavesinin kıvam limitlerinin (plastik limit, likit limit, plastiklik indeksi) gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir. Sera şartlarında yürütülen çalışmada kil, tın ve kumlu tın olmak üzere üç farklı tekstüre sahip yüzey toprak örnekleri kullanılmıştır. Topraklar tartılarak 1.5 kg'lık plastik saksılara aktarılmış, polivinil alkol (PVA), poliakrilamid (PAM) ve hümik asit (HA) saksılara sırasıyla 500, 100 ve 500 ppm dozlarında ilave edilerek inkübasyona tabi bırakılmıştır. İnkübasyon aşamasında topraklardaki yarayışlı suyun %50'si tükenince sulama yapılmıştır. İnkübasyon sonrasında topraklar elle parçalanarak ilgili analiz ve değerlendirmeler yapılmıştır. Elde edilen bulgular; kil, tın ve kumlu tın tekstüre sahip topraklara söz konusu düzenleyicilerin (PVA, PAM, HA) ilavesi ile likit limit değerlerinin denete göre sırasıyla %11.97, %18.05 ve %21.13 oranında artırdığını göstermektedir. Plastik limit değerlerinin ise yine sırasıyla %20.70, %28.17 ve %31.26 oranında artırdığını göstermektedir. Diğer taraftan uygulamaların plastiklik indeksi değerini ise sırasıyla %3.45, %27.17 ve %66.77 oranında düşürdüğü belirlenmiştir. Süre ilerledikçe düzenleyici etkinliği azalmıştır. Polivinil alkolün tüm toprak gruplarında en etkili polimer olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Likit limit, plastik limit, plastiklik indeksi, toprak tekstürü, polimer, hümik asit.

Effects of humic acid and polymer applications on consistency limits

Abstract

In the research, the effects of adding polymer and humic acid into the soil on the improvement of soil consistency limits (plastic limit, liquid limit, and plasticity index) were investigated. The study were carried out under greenhouse conditions and, surface soils samples with three different textures as clay, loam and sandy loam were used. Soils were weighed and transferred to 1.5 kg plastic pots and incubated by adding 500, 100 and 500 ppm doses to polyvinyl alcohol (PVA), polyacrylamide (PAM) and humic acid (HA) pots, respectively. During the incubation process, when 50% of the available water in the soil was depleted, irrigation was done. After the incubation, the soils were crumbling by hand and the relevant analyzes and evaluations were made. Obtained findings; show that the addition of the aforementioned regulators to clay, loam and sandy loam textured soils increases the liquid limit values by 11.97%, 18.05% and 21.13%, respectively, compared to the audit. It shows that the plastic limit values increased by 20.70%, 28.17% and 31.26%, respectively. On the other hand, it was determined that the applications decreased the plasticity index value by 3.45%, 27.17% and 66.77%, respectively. As time progressed, its regulatory effectiveness decreased. It has been observed that polyvinyl alcohol is the most effective polymer in all soil groups.

Keywords: Liquid limit, plastic limit, plasticity index, soil texture, polymer, humic acid

© 2023 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Bir toprağın kıvamı sahip olduğu nem düzeyine bağlı olarak ortaya çıkan adhezyon ve kohezyon kuvvetlerinin etkisindeki davranışları vurgulamaktadır. Topraklar nem içeriklerindeki değişime bağlı olarak farklı kıvam düzeylerine sahiptirler (Gülser ve Candemir, 2006; Obour ve ark., 2017; Kassım ve Özdemir, 2022). Toprak kıvamı, toprağın tarım, mühendislik ve endüstriyel amaçlı kullanımlarında önemli bir değerlendirme parametresidir (Hemmat ve ark., 2010; Aksakal ve ark., 2013). Bu parametre yeni yerleşim

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 362 312 1919

E-posta : nutullah@omu.edu.tr

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 27 Şubat 2023

Kabul Tarihi : 22 Mayıs 2023

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1256964

alanlarının seçimi esnasında şişme büzüleme potansiyelinin etkilerini ortaya koymada (Thomas ve ark., 2000), farklı nem içeriğine sahip topraklarda işleme esnasında tarım alet ve makinelerine karşı toprağın gösterecekleri dayanıklılığın belirlenmesinde (Dexter ve Bird, 2001, Mueller ve ark., 2003, Gülser ve Candemir, 2006), kohezyonlu toprakların tasnifinde (McBride, 2008; Seybold ve ark., 2008) ve toprak stabilitesine ilişkin (Rawls ve Pachepsky, 2002; Özdemir ve Bülbül, 2021) değerlendirmelerde önemli bir parametredir.

Kıvam limitleri yardımıyla toprak işleme uygulamaları ve farklı kullanımlar için yapısal hasar riskini en aza indirerek optimum ve uygulanabilir su içeriği aralığı belirlenebilir (Dexter ve Bird, 2001). Toprakların işlenebilir nem aralığı üzerinde toprak özellikleri, kullanılan ekipmanlar ve tarımsal faaliyetin niteliği belirleyici bileşenler olup toprağın tekstürü, hacim ağırlığı, organik madde içeriği ve yönetim faktörleri sınırları belirleyen bileşenler olarak karşımıza çıkmaktadır (Obour ve ark., 2017). Kumlu topraklar serbest drenaj koşullarında bulduklarında tarla kapasitesindeki nem içeriğine karşılık gelen herhangi bir su içeriğinde işlenebilirler (Müller ve ark., 2011). Daha ince tekstürlü topraklarda çok ıslak veya çok kuru koşulların toprak işlenebilirliğini sınırladığı kaydedilmektedir (Dexter ve Bird, 2001; Obour ve ark., 2017). Birçok çalışma, toprak işleme için optimum toprak suyu içeriği ile plastik limit (PL) ve likit limit (LL) arasında önemli ve pozitif bir korelasyon olduğunu göstermektedir (Terzaghi ve ark., 1988; Dexter ve Bird, 2001; Mueller ve ark., 2003; Barzegar ve ark., 2004).

Toprağın mekaniksel davranışları ve kıvam limitleri üzerinde tekstür, kil tipi, değişebilir katyonların cinsi ve organik madde miktarı etkili unsurlardır (Odell ve ark., 1960). Farklı araştırmacıların değişik bölge toprakları üzerinde yürüttükleri çalışmalarda (Sönmez, 1981; Gülser ve Candemir 2006; Seybold ve ark., 2008; Dexter ve Bird., 2001; Keller ve Dexter, 2012) kil tipi, organik madde içeriği, değişebilir katyonların tabiatı ile kıvam limitleri arasında farklı önem seviyelerinde istatistiksel ilişkiler belirlenmiştir.

Toprak düzenleyiciler ve organik madde içeriği toprak dayanıklılığını ve agregalar arası veya yapısal gözenekliliği etkileyen bağlama kapasitesi nedeniyle toprak strüktürünü iyileştirerek toprağın işlenebilmesini artırır. Düşük organik madde içerikli topraklarda mekaniksel etkiler ve yağış nedeniyle oluşacak dispersiyon riski daha yüksektir (Mosaddeghi ve ark., 2009). Organik bileşenlerin miktarının yanında kalite ve tipleri de kıvam limitleri ve zemin stabilitesini etkiler (Hempfling ve ark., 1990). Buda toprağın işlenmesi ve çalışılabilirliğine etki eder. Kil ve organik maddenin toprak işlenebilirliği üzerindeki etkileri, doğrudan etkilerden ziyade (toprak kütle yoğunluğu üzerindeki etkileri yoluyla) dolaylı olarak kabul edilebilir (Dexter ve ark., 2005). Canbolat ve Öztaş (1997), toprak strüktüründe minimum bozulmaya neden olacak şekilde uygun toprak işleme nem aralığı, kıvam limitleri, bazı kimyasal ve fiziksel ve özellikler arasındaki ilişkileri irdelemek üzere yürüttükleri araştırma sonucunda; kil kapsamı, organik karbon içeriği, kireç içeriği, katyon değiştirme kapasitesi bileşenleri ile kıvam limitlerine karşılık gelen nem içeriği değerleri arasında istatistiksel anlamda önemli pozitif korelasyon kum içeriği değerleriyle ise önemli negatif korelasyon belirlenmiştir.

Bu araştırma, toprağa polivinil alkol (PVA), poliakrilamid (PAM) ve hümik asit (HA) uygulamasının kil, tın ve kumlu tın tekstüre sahip topraklarda kıvam limitlerinin gelişimi üzerine etkilerini ortaya koymak üzere gerçekleştirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Çalışma sera koşullarında ve yüzeysel (0-20cm) toprak örnekleri kullanılarak yürütülmüştür. Çalışmada kullanılan toprak örnekleri Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanlarından (41°36'-36°18'; 41°55'-35°86'; 41°50'-35°82) kullanılan hümik asit (HA) Türkiye Taş Kömürü İşletmelerinden (TKİ), polivinil alkol (PVA) Fluka firmasından ve poliakrilamid (PAM) Acros firmasından temin edilmiştir. Hümik asit olarak, içerisinde %15 humik madde içeren materyal kullanılmıştır. Etiketlenen 1.5 kg'lık saksılara PVA, PAM ve HA 500, 100 ve 500 ppm dozlarında uygulanmıştır. Doz tercihinde farklı bölgelerde yürütülen çalışma bulguları dikkate alınmıştır (Aksakal ve Öztaş, 2010; Özdemir ve ark., 2015; Yakupoğlu ve Öztaş, 2016). İnkübasyon süresi olarak 0(1), 15(2), 30(3), ve 45(4) günlük dönemlerin kullanıldığı çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesine ait serada yürütülmüştür. Deneme boyunca plastik saksılar günlük olarak kontrol edilerek topraktaki elverişli suyun %50'si kaybolunca tekrar sulama yapılmıştır. Her bir dönemin tamamlanmasından sonra toprak örnekleri havada kurutulduktan sonra elle parçalanarak analize hazırlanmıştır.

Parçacık büyüklük dağılımı sedimantasyon yöntemi (Demiralay, 1993); toprak pH'sı 1:2.5'lük toprak-su süspansiyonunda pH metre (Kacar, 1994); toprakların tuz içeriği (EC) değeri toprak-su süspansiyonunda

(1:2.5) EC metre (Kacar, 1994); kireç içeriği hacimsel olarak (Kacar, 1994); organik madde miktarı Walkley-Black yöntemi (Kacar, 1994); katyon değiştirme kapasitesi Bower metodu (Kacar, 1994) uygulanarak belirlenmiştir. Toprakların likit limit n(LL) ve plastik limit (PL) değerleri grafik metodu ve çubuk yöntemleri (Demiralay, 1993) esas alınarak belirlenmiştir. Plastiklik indeksi değerleri likit limit ve pilastik limit arasındaki sayısal farktan hesaplanmıştır (Demiralay, 1993).

Verilerin değerlendirilmesinde (Varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi) SPSS bilgisayar paket programı (21) kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Toprak Özellikleri

Deneme öncesindeki toprakların fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1’de gösterilmiştir. Çizelge 1’deki verilerin incelenmesinden de anlaşılacağı üzere 1 numaralı örnek (41°36’-36°18’), ince bünyeli (kil), nötre yakın reaksiyonlu, kireç içeriği az, organik madde içeriği orta; 2 numaralı örnek; (41°55’-35°86’), tın bünyeli, hafif alkali reaksiyona sahip, orta kireçli, organik madde içeriği fazla; 3 numaralı örnek (41°50’-35°82’) kumlu tın bünyeli, orta derecede alkalın reaksiyonlu, orta kireçli, organik madde içeriği düşüktür. Toprakların likit limit (LL) değerleri 47.12 ile 18.10, plastik limit (PL) değerleri 30.10 il16.00 ve plastiklik indeksi (PI) değerleri ise 17.02 ile 2.78 arasında değişmektedir. Toprakların pH değerleri 8.5’in altında olup tuzluluk sorunları bulunmamaktadır (Soil Survey Staff, 2014).

Çizelge 1. Toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri ile kıvam limit değerleri

| Toprak No*: | Kum, % | Silt, % | Kil, % | Tekstür sınıfı | pH (1:2.5) | EC dS m ⁻¹ | CaCO ₃ % | OM % | KDK me 100g ⁻¹ |
|-----------------|--------|---------|--------|----------------|------------|-----------------------|---------------------|------|---------------------------|
| 1 | 31.70 | 23.14 | 45.16 | C | 6.97 | 0.1497 | 2.22 | 1.54 | 65.48 |
| 2 | 36.18 | 41.57 | 22.25 | L | 7.40 | 0.4924 | 8.47 | 3.02 | 38.26 |
| 3 | 58.91 | 29.34 | 11.75 | SL | 7.92 | 0.1173 | 8.26 | 0.77 | 31.66 |
| Kıvam limitleri | | | | | | | | | |
| | LL % | PL, % | PI, % | | | | | | |
| 1 | 47.12 | 30.10 | 17.02 | | | | | | |
| 2 | 29.90 | 24.43 | 5.47 | | | | | | |
| 3 | 18.10 | 16.00 | 2.78 | | | | | | |

OM: organik madde, EC: elektriksel iletkenlik, . KDK: katyon değişim kapasitesi, LL: likit limit, PL: plastik limit, PI, plastiklik indeksi, Toprak No (1): Kil, (2): Tın, (3): Kumlu Tın

Likit Limit

Çalışma konusu topraklara polivinil alkol (PVA), poliakrilamid (PAM) ve hümik asit (HA) ilave edilerek 0, 15, 30, 45 gün süre ile inkübasyona bırakıldıktan sonra belirlenen likit limit değerlerine ait varyans analiz testi sonuçları Çizelge 2’de görülmektedir. Likit limit değerlerine ilişkin değişimler (üç değer ortalaması) ve çoklu karşılaştırma (Duncan) analiz sonuçları Çizelge 3’te, denete göre likit limit değerinde oluşan değişimler ise şekil 1 ve 2’ de gösterilmiştir. Çizelge. 2’deki varyans analiz testi sonuçlarının incelenmesinden anlaşılacağı üzere topraklarının likit limit değerlerine ilişkin kareler ortalaması önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Diğer bir anlatım ile topraklar deneme sonundaki likit limit değerleri bakımından farklılıklar göstermiştir. Yine aynı tablodan likit limit değeri üzerinde her üç düzenleyici ve uygulama sürelerine ait ortalamaların da önemli ($p < 0.01$) olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuç, denemede kullanılan polimer ve hümik asit gibi düzenleyiciler ile uygulanan inkübasyon sürelerinin likit limit değeri üzerindeki etkilerinin farklı olduğunu ortaya koymaktadır. Varyans analizi sonuçlarından likit limit değerlerine ilişkin topraklar x düzenleyiciler (A*B), topraklar x periyotlar (A*C), düzenleyiciler x periyotlar (B*C) ve topraklar x düzenleyiciler x periyotlar (A*B*C) etkileşimlerinin de önemli olduğu ortaya çıkmıştır.

Çizelge 2. Likit limit analiz değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları

| V. Kaynakları | Serbestlik der. | Kareler toplamı | Kareler ortalaması | F değeri | Önem düzeyi |
|---------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------|-------------|
| A | 2 | 17219.409 | 8609.704 | 42472.897 | 0.000 |
| B | 2 | 71.540 | 35.770 | 176.459 | 0.000 |
| C | 3 | 2.239 | .746 | 3.681 | 0.016 |
| A*B | 4 | 26.933 | 6.733 | 33.216 | 0.000 |
| A*C | 6 | 34.296 | 5.716 | 28.198 | 0.000 |
| B*C | 6 | 9.191 | 1.532 | 7.557 | 0.000 |
| A*B*C | 12 | 17.685 | 1.474 | 7.270 | 0.000 |
| Hata | 72 | 14.595 | .203 | | |
| Genel | 108 | 162559.058 | | | |

A: Topraklar, B: Düzenleyiciler, C: Periyotlar SD: Serbestlik derecesi, KT: Kareler toplamı, KO: Kareler ortalaması

Likit limit değerlerinde uygulanan düzenleyicilere bağlı olarak denete göre belirgin değişimler meydana gelmiştir (Çizelge 3; Şekil 1). Oluşan değişim uygulama periyodu, düzenleyici türü ve toprak özelliğine bağlı olarak farklılıklar göstermiştir. Denete göre meydana gelen artışlar dikkate alındığında PVA uygulaması her üç toprak tekstür sınıfında da en etkili düzenleyici olmuştur.

Çizelge 3. Toprakların likit limit değeri ile çoklu karşılaştırma testi (Duncan) sonuçları

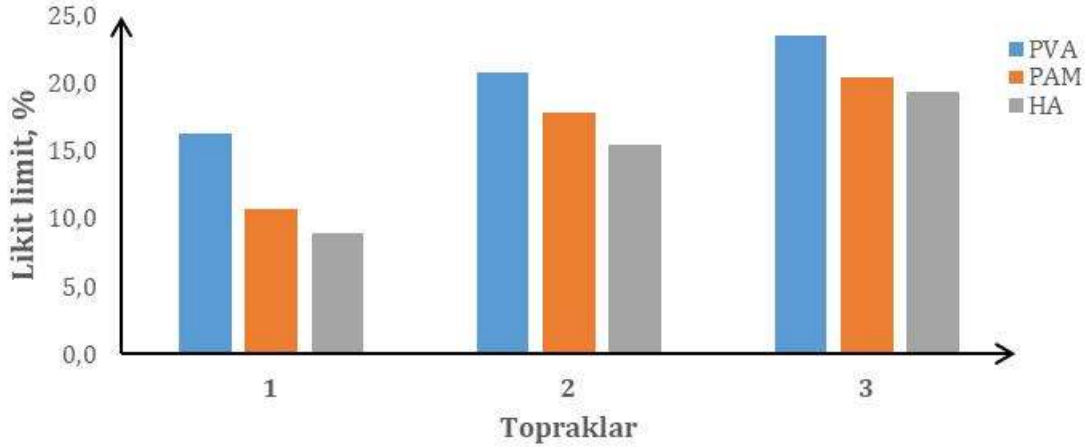
| Topraklar | Düzenleyiciler | Periyotlar | | | | Toprak ortalamaları |
|--------------------------|----------------|------------|---------|---------|---------|---------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 1 | PVA | 55.54 | 57.37 | 54.05 | 52.26 | 52.76a |
| | PAM | 53.10 | 52.48 | 51.45 | 51.59 | |
| | HA | 51.97 | 51.32 | 51.14 | 50.85 | |
| 2 | PVA | 35.68 | 35.77 | 36.3665 | 36.71 | 35.29b |
| | PAM | 35.73 | 33.98 | 35.3228 | 35.876 | |
| | HA | 34.84 | 34.21 | 34.6504 | 34.419 | |
| 3 | PVA | 21.88 | 22.23 | 22.46 | 22.82 | 21.92c |
| | PAM | 21.97 | 21.49 | 21.92 | 21.82 | |
| | HA | 20.93 | 21.75 | 21.87 | 21.91 | |
| Periyot ortalamaları | | 36.85a | 36.74ab | 36.58bc | 36.48cd | |
| Düzenleyici ortalamaları | PVA | 37.76a | | | | |
| | PAM | 36.99b | | | | |
| | HA | 35.82c | | | | |

Farklı harflerle gösterilen değerler adı geçen teste göre %1 düzeyinde önemlidir, periyotlar; 0(1), 15(2), 30(3), ve 45(4) gün

Topraklarının, düzenleyicilerin ve uygulama periyotlarının deneme sonunda likit limit değeri ortalamaları üzerinde oluşturdukları etkiler bakımından mukayesesi için değerlere çoklu karşılaştırma testi (Duncan) uygulanmıştır. Bu test değerleri irdelendiğinde, toprakların deneme sonundaki likit limit değeri ortalamaları bakımından önemli ölçüde birbirlerinden farklı oldukları görülmüştür. Yine adı geçen değerlendirmeye göre düzenleyici periyotlarının deneme sonundaki likit limit değeri ortalamalarına göre Çizelge 3'de gösterildiği gibi sıralandıkları görülmüştür. Bu karşılaştırmada uygulama süreleri arasındaki farkların önemli ($p < 0.01$) olduğu ve süre ilerledikçe etkinliğin azaldığı saptanmıştır. Diğer taraftan aynı test sonuçlarına göre deneme sonundaki likit limit değeri ortalamaları bakımından düzenleyiciler arasındaki farklılıklar da önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur.

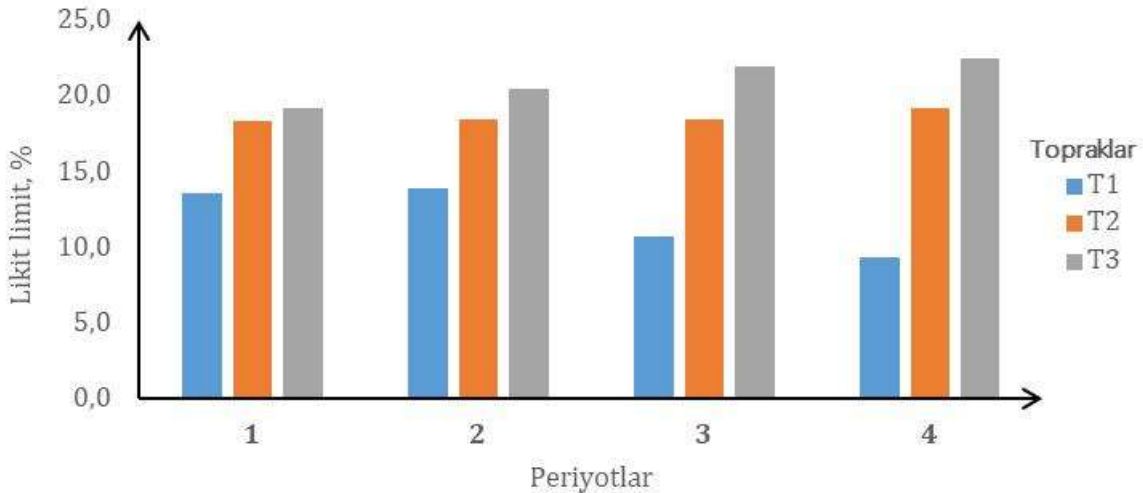
Düzenleyici uygulamalarının likit limit değerinde kontrole göre meydana getirdiği oransal değişimler (Şekil 1) dikkate alındığında PVA, PAM ve HA' in likit limit değerinde önemli artışlar sağladığı belirlenmiştir. Meydana gelen artış kil tekstür sınıfına ait 1 numaralı toprakta %11.97, tın tekstür sınıfına ait 2 numaralı toprakta %18.05 ve kumlu tın tekstürüne sahip 3 numaralı toprakta ise %21.13 düzeyinde olmuştur. Diğer bir anlatım ile düzenleyicilerin etkinlikleri toprak tekstürüne bağlı olarak değişkenlik göstermiş olup topraklar bu bakımdan 3>2>1 şeklinde sıralanmışlardır. Öte taraftan; PVA etkisinin 3 numaralı toprak (23.48)> 2 numaralı toprak (20.84)>1 numaralı toprak(16.32), PAM'ın etkisinin 3 numaralı toprak (20.47)> 2 numaralı toprak (17.82)>1 numaralı toprak (10.70), HA'in etkisinin 3 numaralı toprak (19.43)>2 numaralı

toprak (15.49) >1 numaralı toprak (8.92) şeklinde gerçekleşmiştir (Şeki,1, Çizelge 3). Bu veriler PVA materyalinin likit limit değerini kontrole göre en fazla artıran HA' ise likit limit değeri üzerinde en az etki oluşturan düzenleyici olduğunu göstermektedir. Kil tekstürüne sahip toprakta düzenleyicilerin oluşturduğu etkinin diğer tekstür sınıflarına göre daha düşük seviyede şekillenmesi muhtemelen kil ile kullanılan düzenleyiciler arasındaki etkileşim ile bağlantılı olabilir. [Aksakal ve Öztaş \(2010\)](#) toprak tekstürü ve toprak düzenleyiciler (PVA, PAM, HA) arasındaki ilişkileri inceledikleri bir çalışmada; kil içeriği arttıkça düzenleyici etkinliğinin azaldığını ve yapısal stabilite üzerinde kullanılan düzenleyicilerden PVA'nın en etkili düzenleyici olduğunu vurgulamışlardır.



Şekil 1. Toprakların likit limit değerinde düzenleyicilere göre ortalama değişimler (PVA: polivinil alkol, PAM: poliakrilamid, HA: Hümik asit, Topraklar 1: kil, 2: tın, 3: kumlu tın).

Polivinil alkol, poliakrilamid ve hümik asit ilaveleri toprakların likit limit değerinde uygulanma sürelerine bağlı olarak önemli farklılıklar oluşturmuştur (Şekil 2, Çizelge 3). Şekil 2'nin incelenmesinden de anlaşılacağı üzere uygulama süreleri etki bakımından 2. periyot (17.70) 1.periyot (17.14) > 3. periyot (17.13) > 4.periyot (17.10) şeklinde sıralanmışlardır. Diğer bir anlatımla polimer ve hümik asitin likit limit üzerine etkisi süre ilerledikçe azalmaktadır. Bu durum muhtemelen süre uzadıkça ilave edilen düzenleyicilerin parçalanması ile ilişkilidir. Hemmat ve ark. (2010), uzun periyotta beş farklı gübrenin toprak mekaniksel özellikleri üzerine etkilerini araştırdıkları bir çalışma sonrasında likit limit değeri ile toprak organik karbonu arasında doğrusal bir ilişki bulunduğunu vurgulamışlardır.



Şekil 2. Likit limit değerinde periyotlara bağlı ortalama değişimler (Topraklar, T1: kil, T2: tın, T3: kumlu tın; Periyotlar, 0(1), 15(2), 30(3), ve 45(4) gün).

Plastik Limit

Araştırma konusu topraklara PVA, PAM ve HA karıştırılarak 0, 15, 30, 45 gün süre ile inkübasyona bırakılması neticesinde belirlenen plastik limit verilerine ilişkin varyans analiz testi bulguları Çizelge 4'te, bu değerlere ilişkin ortalama değişimler ve çoklu karşılaştırma (Duncan) testi sonuçları Çizelge 5'te, kontrole göre plastik limit değerinde meydana gelen değişimler ise şekil 3 ve 4' de gösterilmiştir. Çizelge 4'teki varyans analiz testi sonuçlarının irdelenmesinden anlaşılacağı üzere topraklarının plastik limit değerlerine ilişkin kareler ortalaması önemli ($p < 0.01$) çıkmıştır. Diğer bir anlatım ile topraklar deneme sonundaki plastik limit değerleri açısından farklılıklar göstermiştir.

Çizelge 4. Plastik limit analiz değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları

| Kaynaklar | Serbestlik derecesi | Kareler toplamı | Kareler ortalaması | F değeri | Önem düzeyi |
|-----------|---------------------|-----------------|--------------------|-----------|-------------|
| A | 2 | 4398.561 | 2199.280 | 10286.779 | .000 |
| B | 2 | 34.583 | 17.291 | 80.878 | .000 |
| C | 3 | 1.760 | 0.587 | 2.744 | .049 |
| A*B | 4 | 12.249 | 3.062 | 14.323 | .000 |
| A*C | 6 | 14.337 | 2.389 | 11.176 | .000 |
| B*C | 6 | 9.865 | 1.644 | 7.690 | .000 |
| A*B*C | 12 | 37.201 | 3.100 | 14.500 | .000 |
| Hata | 72 | 15.393 | 0.214 | | |
| Genel | 108 | 98822.237 | | | |

A: Topraklar, B: Düzenleyiciler, C: Periyotlar SD: Serbestlik derecesi, KT: Kareler toplamı, KO: Kareler ortalaması

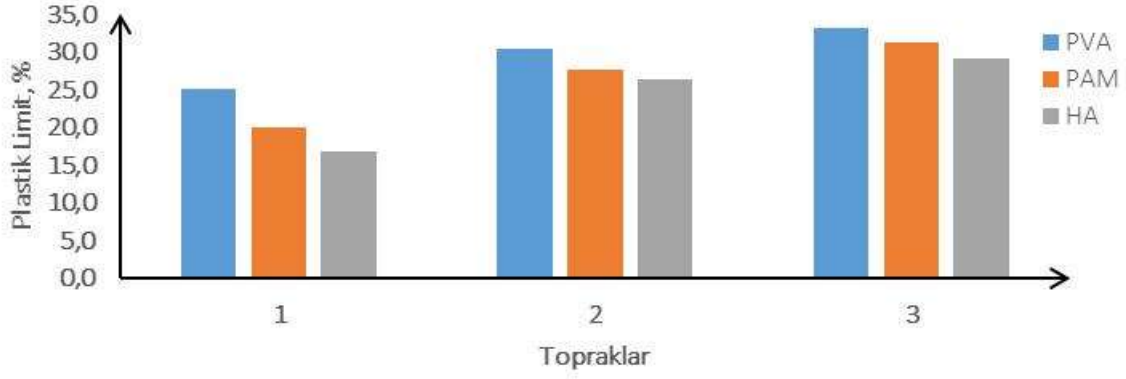
Yine aynı tablodan her üç düzenleyici ve uygulanma sürelerine ait kareler ortalamasının da önemli ($p < 0.01$) bulunduğu ortaya çıkmıştır. Bu bulgu, denemede kullanılan polimer ve hüyük asit düzenleyicileri ile uygulanan inkübasyon sürelerinin plastik limit değeri üzerindeki etkilerinin farklı olduğunu yansıtmaktadır. Aynı sonuçlarından topraklar x düzenleyiciler (A*B), topraklar x periyotlar (A*C), düzenleyiciler x periyotlar (B*C) ve topraklar x düzenleyiciler x periyotlar (A*B*C) arasındaki interaksiyonların da önemli olduğu belirlenmiştir. Plastik limit değerlerinde uygulanan düzenleyicilere bağlı olarak kontrole göre belirgin değişimler meydana gelmiştir (Çizelge 5; Şekil 3). Oluşan değişim uygulama periyodu, düzenleyici türü ve toprak özelliğine, bağımlı olarak farklılık göstermiştir. Denete oranla ortaya çıkan değişimler (artışlar) esas alındığında PVA ilavesi her üç toprak tekstür grubunda da en etkili düzenleyici olmuştur.

Çizelge 5. Plastik limit değeri (ortalama) ile Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

| Topraklar | Düzenleyiciler | Periyotlar | | | | Toprak Ortalamaları |
|--------------------------|----------------|------------|---------|---------|---------|---------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 1 | PVA | 38.98 | 37.20 | 37.27 | 37.27 | 36.33a |
| | PAM | 35.25 | 37.61 | 37.071 | 34.63 | |
| | HA | 36.10 | 33.86 | 34.91 | 35.83 | |
| 2 | PVA | 30.12 | 32.5593 | 31.85 | 32.94 | 31.31b |
| | PAM | 31.91 | 31.1827 | 30.58 | 31.12 | |
| | HA | 31.43 | 30.6423 | 30.45 | 30.97 | |
| 3 | PVA | 20.50 | 21.67 | 21.46 | 21.59 | 21.00c |
| | PAM | 20.35 | 21.37 | 21.32 | 21.04 | |
| | HA | 19.48 | 21.22 | 21.15 | 20.85 | |
| Periyot ortalamaları | | 29.35a | 29.70b | 29.56ab | 29.58ab | |
| Düzenleyici ortalamaları | PVA | 30.28a | | | | |
| | PAM | 29.45b | | | | |
| | HA | 28.91c | | | | |

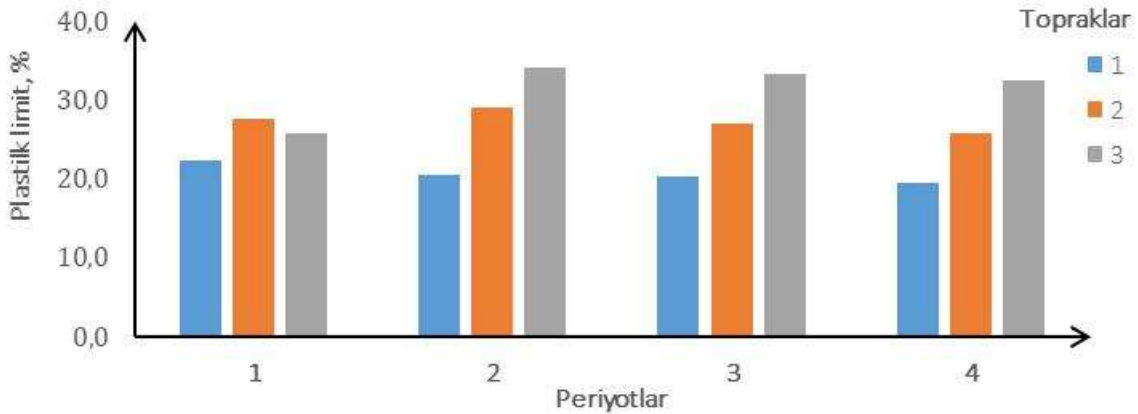
Farklı harflerle gösterilen değerler adı geçen teste göre %1 düzeyinde önemlidir, periyotlar; 0(1), 15(2), 30(3), ve 45(4) gün

Çalışmada kullanılan topraklarının, düzenleyicilerin ve uygulama periyotlarının deneme sonunda plastik limit değeri ortalamaları üzerinde oluşturdukları etkiler bakımından mukayesesi için verilere çoklu karşılaştırma testi (Duncan) uygulanmıştır. Bu test değerleri irdelendiğinde (Çizelge 5), toprakların deneme sonundaki plastik limit değeri ortalamaları bakımından önemli ölçüde birbirlerinden farklı oldukları görülmüştür. Yine adı geçen değerlendirmeye göre düzenleyici periyotlarının deneme sonundaki plastik limit değeri ortalamalarına göre Çizelge 5'de gösterildiği gibi sıralandıkları görülmüştür. Bu karşılaştırmada periyotlar arasındaki farkların önemli ($p < 0.01$) olduğu ve süre ilerledikçe etkinliğin azaldığı görülmektedir.



Şekil 3. Plastik limit değerinde düzenleyicilere göre belirlenen ortalama değişimler (PVA: polivinil alkol, PAM: poliakrilamid, HA: Hüyük asit, Topraklar 1: kil, 2: tın, 3: kumlu tın).

Düzenleyici uygulamalarının plastik limit değerinde kontrole göre meydana getirdiği oransal değişimler (Şekil 3) dikkate alındığında PVA, PAM ve HA' in plastik limit değerinde artışlar sağladığı belirlenmiştir. Meydana gelen artışın kil tekstür sınıfına ait 1 numaralı toprakta %20.70, tın tekstür sınıfına ait 2' numaralı toprakta %28.17 ve kumlu tın tekstürüne sahip 3 numaralı toprakta ise %31.26 düzeyinde olmuştur. Diğer bir anlatım ile polimer ve hüyük asitin etkinlikleri tekstüre bağı olarak değişim göstermiş olup topraklar bu açıdan 3>2>1 şeklinde sıralanmışlardır. Öte taraftan; PVA etkisinin 3 numaralı toprak (33.16)> 2 numaralı toprak (30.43)>1 numaralı toprak(20.06), PAM'ın etkisinin 3 numaralı toprak (31.39)> 2 numaralı toprak (27.70)>1 numaralı toprak (20.06), HA'in etkisinin 3 numaralı toprak (29.22)>2 numaralı toprak (26.37) >1 numaralı toprak (16.86) şeklinde gerçekleşmiştir (Şekil, 3). Bu veriler PVA materyalinin plastik limit değerini kontrole göre en fazla artıran HA' ise plastik limit değeri üzerinde en az etki oluşturan düzenleyici olduğunu göstermektedir. Kil tekstür sınıfındaki toprakta etkinliğin düşük düzeyde kalması muhtemelen kil ile söz konusu materyaller arasındaki karşılıklı etkileşime bağı olarak ortaya çıkmış olabilir (Seybold ve ark., 2008; 2001; Keller ve Dexter, 2012). Aksakal ve Öztaş (2010) toprak tekstürü ve toprak düzenleyiciler (PVA, PAM, HA) arasındaki ilişkileri inceledikleri bir çalışmada; kil içeriği arttıkça düzenleyici etkinliğinin azaldığını ve yapısal stabilite üzerinde kullanılan düzenleyicilerden PVA'nın en etkili düzenleyici, olduğunu vurgulamışlardır.



Şekil 4. Plastik limit değerinde kontrole göre periyotlara bağı ortalama değişimler (0(1), 15(2), 30(3), ve 45(4) gün Topraklar 1: kil, 2:tın, 3:kumlu tın)

Polivinil alkol, poliakrilamid ve hüyük asit uygulamaları toprakların plastik limit değerinde uygulanma sürelerine bağı olarak önemli farklılıklar oluşturmuştur (Şekil 4). Bu şeklin incelenmesinden de anlaşılacağı üzere uygulama süreleri etki bakımından 2. periyot (27.67) 3. periyot (26.67) > 4. periyot (25.73) > 1. periyot (25.14) şeklinde sıralanmışlardır. Diğer bir ifade ile polimer ve hüyük asitin plastik limit üzerindeki etkisi ortalama olarak süre uzadıkça azalmaktadır. Bu durum muhtemelen süre uzadıkça ilave edilen düzenleyicilerin parçalanması ile ilişkilidir. Hemmat ve ark. (2010), uzun periyotta beş farklı gübrenin

toprak mekaniksel özellikleri üzerine etkilerini araştırdıkları bir çalışma sonrasında plastik limit değeri ile toprak organik karbonu arasında doğrusal bir ilişki bulunduğunu vurgulamışlardır.

Plastiklik İndeksi

Araştırma konusu topraklara PVA, PAM ve HA karıştırılarak 0, 15, 30, 45 gün süre ile inkübe edilmesi sonrasında belirlenen plastiklik indeksi değerlerine ilişkin varyans analiz testi sonuçları Çizelge 6'da, bu değerlere ilişkin ortalama değişimler ve çoklu karşılaştırma (Duncan) testi sonuçları Çizelge 7'de, denete göre plastiklik indeksi değerinde meydana gelen değişimler ise Şekil 5 ve 6'da gösterilmiştir. Çizelge 6'daki varyans analiz testi sonuçlarının irdelenmesinden anlaşılacağı üzere topraklarının plastiklik indeksi verilerine ait kareler ortalaması önemli ($p<0.01$) olmuştur. Diğer bir anlatım ile topraklar deneme sonundaki plastiklik indeksi değerleri bakımından farklılıklar göstermiştir.

Çizelge 6. Plastiklik indeksi analiz değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları

| Kaynaklar | Serbestlik der. | Kareler top. | Kareler orta. | F değeri | Önem düzeyi |
|-----------|-----------------|--------------|---------------|----------|-------------|
| A | 2 | 4858.447 | 2429.223 | 6109.803 | 0.000 |
| B | 2 | 7.264 | 3.632 | 9.135 | 0.000 |
| C | 3 | 5.844 | 1.948 | 4.899 | 0.004 |
| A*B | 4 | 4.265 | 1.066 | 2.682 | 0.038 |
| A*C | 6 | 28.463 | 4.744 | 11.931 | 0.000 |
| B*C | 6 | 25.104 | 4.184 | 10.523 | 0.000 |
| A*B*C | 12 | 41.598 | 3.467 | 8.719 | 0.000 |
| Hata | 72 | 28.627 | .398 | | |
| Genel | 108 | 10464.160 | | | |

A: Topraklar, B: Düzenleyiciler, C: Periyotlar

Yine aynı tablodan her üç düzenleyici ve uygulama sürelerine ait ortalamaların da önemli ($p<0.01$) olduğu görülmektedir. Bu bulgu, kullanılan polimer ve hümik asit gibi düzenleyiciler ile uygulanan inkübasyon sürelerinin plastiklik indeksi değeri üzerindeki etkinliklerinin farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Test sonuçlarından topraklar x düzenleyiciler (A*B), topraklar x periyotlar (A*C), düzenleyiciler x periyotlar (B*C) ve topraklar x düzenleyiciler x periyotlar (A*B*C) interaksiyonlarının da önemli olduğu belirlenmiştir.

Plastiklik indeksi değerlerinde uygulanan düzenleyicilere bağlı olarak denete göre belirgin değişimler meydana gelmiştir (Çizelge 7). Oluşan değişim uygulama periyodu, düzenleyici çeşidi ve toprak özelliğine, bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. Denete göre meydana gelen değişimler (artışlar) dikkate alındığında PVA uygulaması her üç toprak tekstür grubunda da en etkili düzenleyici olmuştur.

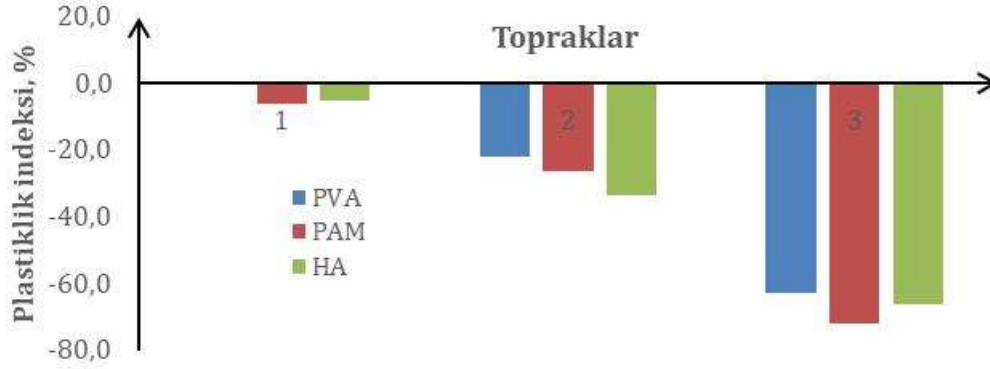
Çizelge 7. Plastiklik indeksi değerleri (ortalama) ile Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

| Topraklar | Düzenleyiciler | Periyotlar | | | | Toprak Ortalamaları |
|--------------------------|----------------|------------|-------|-------|-------|---------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 1 | PVA | 16.57 | 20.18 | 16.79 | 14.99 | 16.43a |
| | PAM | 17.85 | 14.87 | 14.39 | 16.97 | |
| | HA | 15.87 | 17.46 | 16.23 | 15.03 | |
| 2 | PVA | 5.56 | 3.21 | 4.51 | 3.78 | 3.98b |
| | PAM | 3.82 | 2.81 | 4.74 | 4.75 | |
| | HA | 3.41 | 3.56 | 4.20 | 3.44 | |
| 3 | PVA | 1.38 | 0.56 | 1.00 | 1.23 | 0.92c |
| | PAM | 1.62 | 0.12 | 0.61 | 0.78 | |
| | HA | 1.45 | 0.53 | 0.73 | 1.06 | |
| Periyot ortalamaları | | 7.50a | 7.03b | 7.02b | 6.89b | |
| Düzenleyici ortalamaları | PVA | 7.48a | | | | |
| | PAM | 6.94a | | | | |
| | HA | 6.92b | | | | |

Farklı harflerle gösterilen değerler adı geçen teste göre %1 düzeyinde önemlidir, periyotlar; 0(1), 15(2), 30(3), ve 45(4) gün

Çalışmada kullanılan topraklarının, düzenleyicilerin ve uygulama periyotlarının deneme sonunda plastiklik indeksi değeri ortalamaları üzerinde oluşturdukları etkiler bakımından mukayesesi için verilere çoklu karşılaştırma testi (Duncan) uygulanmıştır. Bu test değerleri irdelendiğinde, toprakların deneme sonundaki plastiklik indeksi değeri ortalamaları bakımından önemli ölçüde birbirlerinden farklı oldukları

belirlenmiştir. Yine adı geçen değerlendirmeye göre düzenleyici periyotlarının deneme sonundaki plastiklik indeksi değeri ortalamalarına göre Çizelge 7’de gösterildiği gibi sıralandıkları görülmüştür. Bu karşılaştırmada periyotlar arasındaki farkların önemli ($p<0.01$) olduğu ve süre ilerledikçe etkinliğin azaldığı görülmektedir. (Farklı harflerle gösterilen değerler adı geçen teste göre %1 düzeyinde önemlidir).

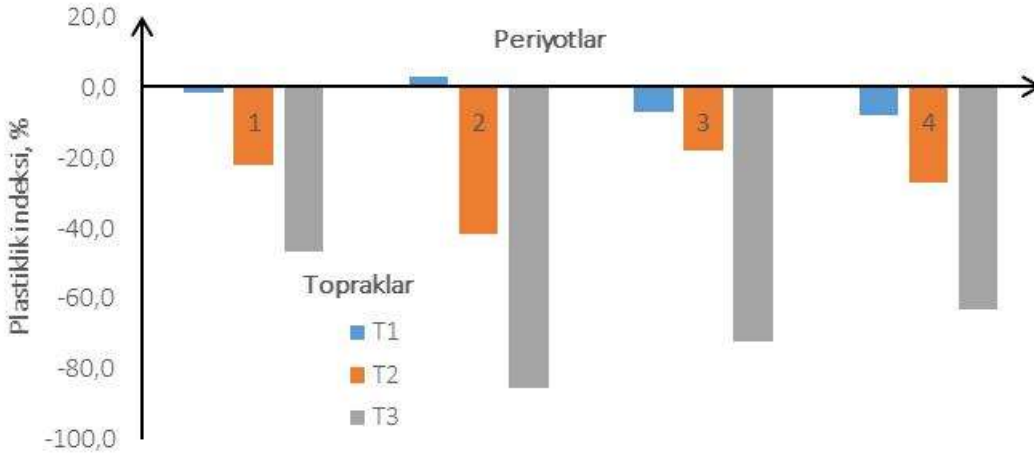


Şekil 5. Plastiklik indeksi değerinde düzenleyicilere göre ortalama değişimler (PVA: polivinil alkol, PAM: poliakrilamid, HA: Hümik asit, Topraklar 1: kil, 2: tın, 3: kumlu tın) değişimler

Düzenleyici uygulamalarının plastiklik indeksi değerinde kontrole göre meydana getirdiği oransal değişimler (Şekil 5) dikkate alındığında PVA, PAM ve HA' in plastiklik indeksi değerinde düşüşler sağladığı belirlenmiştir. Meydana gelen düşüş kil tekstür sınıfına ait 1 numaralı toprakta %3.45, tın tekstür sınıfına ait 2 numaralı toprakta %27.17 ve kumlu tın tekstürüne sahip 3 numaralı toprakta ise %66.77 seviyesinde olmuştur. Diğer bir anlatım ile düzenleyicilerin etkinlikleri toprak tekstürüne bağlı olarak değişim göstermiş olup topraklar bu bakımdan 3>2>1 şeklinde sıralanmışlardır. Öte taraftan; PVA etkisinin 3 numaralı toprak (62.44> 2 numaralı toprak (22.03)>1 numaralı toprak(0.64), PAM'ın etkisinin 3 numaralı toprak (71.81)> 2 numaralı toprak (26.32)>1 numaralı toprak (5.87), HA'in etkisinin 3 numaralı toprak (66.07)>2 numaralı toprak (33.17) >1 numaralı toprak (5.13) şeklinde gerçekleşmiştir (Şekil, 5). Bu veriler PVA materyalinin plastiklik indeksi değerini kontrole göre en fazla artıran HA' ise plastiklik indeksi değeri üzerinde en az etki oluşturan düzenleyici olduğunu göstermektedir. Kil tekstür sınıfındaki 1 numaralı toprakta düzenleyicilerin oluşturduğu etkinin diğerlerine oranla düşük düzeyde kalması kil ile söz konusu düzenleyiciler arasındaki karşılıklı etkileşimden ileri gelmiş olabilir.

Plastiklik indeksi tarımda toprağın işlenebilme tavında yakalanması için bir indeks olarak görülmektedir. Kumlu topraklarda olduğu gibi küçük bir indeks değeri toprağın çamurlaşmasına neden olmaksızın toprağın işlenebileceğini yansıtmaktadır. Killi topraklarda olduğu gibi yüksek bir değer ise toprağın işlenmeye uygun nem koşulunda yakalanabilmesinin güçlüğü göstermektedir. Toprağın henüz ıslakken yada uygun nem koşulu kaçırılmış olarak işlenme ihtimali yüksektir (Özdemir, 1998). Veriler bu açıdan irdelendiğinde kullanılan düzenleyicilerin indeks değerlerini düşürerek toprağın uygun nem aralığında işlenme ihtimalini artırdığı ifade edilebilir. [Aksakal ve Öztaş \(2010\)](#) toprak tekstürü ve toprak düzenleyiciler (PVA, PAM, HA') arasındaki ilişkileri inceledikleri bir çalışmada; kil içeriği arttıkça düzenleyici etkinliğinin azaldığını ve yapısal stabilite üzerinde kullanılan düzenleyicilerden PVA'nın en etkili düzenleyici, olduğunu vurgulamışlardır.

Polivinil alkol, poliakrilamid ve hümik asit uygulamaları toprakların plastiklik indeksi değerinde uygulanma sürelerine bağlı olarak önemli farklılıklar oluşturmuştur (Şekil 6). Şekil 6'nın irdelenmesinden de anlaşılacağı görüleceği gibi uygulama süreleri etki bakımından 2. periyot (41.40) 4.periyot (32.70) > 3. periyot (32.70) > 1.periyot (23.37) şeklinde sıralanmışlardır. Diğer bir anlatım ile polimer ve hümik asitin plastiklik indeksi üzerindeki etkisi süre uzadıkça düşmektedir.



Şekil 6. Plastiklik ineksi değerinde kontrole göre periyotlara (1-0, 2-15, 3-30, ve 4-45) gün) bağlı ortalama değişimler

Sonuç

Sera koşullarında polivinil alkaol (PVA), poliakrilamid (PAM) ve hümik asit (HA) ilavesinin toprakta kıvam limitlerinin gelişim süreci üzerine etkilerini ortaya koymak üzere yürütülen bu çalışmada; Likit limit nem içeriği değerlerinin PVA, PAM ve HA uygulamasına bağlı olarak arttığı, meydana gelen artışın kil tekstür sınıfına ait 1 numaralı toprakta %11.97, tın tekstür sınıfına ait 2 numaralı toprakta %18.05 ve kumlu tın tekstürüne sahip 3 numaralı toprakta ise %21.13 düzeyinde olduğu saptanmıştır. Diğer bir anlatım ile düzenleyicilerin etkinlikleri toprak tekstürüne bağlı olarak değişkenlik göstermiş olup topraklar bu bakımdan 3>2>1 şeklinde sıralanmışlardır. Öte taraftan; PVA etkisinin 3 numaralı toprak (23.48)> 2 numaralı toprak (20.84)>1 numaralı toprak (16.32), PAM'in etkisinin 3 numaralı toprak (20.47)> 2 numaralı toprak (17.82)>1 numaralı toprak (10.70), HA'in etkisinin 3 numaralı toprak (19.43)>2 numaralı toprak (15.49) >1 numaralı toprak (8.92) şeklinde gerçekleşmiştir. Etki bakımından düzenleyicilerin PVA>PAM>HA, uygulama sürelerinin ise 2>1>3>4 sıralandıkları ve etkinliğin kil tekstür sınıfına ait toprakta daha düşük düzeyde gerçekleştiği belirlenmiştir. Diğer taraftan düzenleyici uygulamalarının plastik limit değerini kontrole göre artırdığı belirlenmiştir. Meydana gelen artışın kil tekstür sınıfına ait 1 numaralı toprakta %20.70, tın tekstür sınıfına ait 2 numaralı toprakta %28.17 ve kumlu tın tekstürüne sahip 3 numaralı toprakta ise %31.26 düzeyinde olmuştur. Diğer bir anlatım ile polimer ve hümik asitin etkinlikleri tekstüre bağlı olarak değişim göstermiş olup topraklar bu açıdan 3>2>1 şeklinde etkilenmişlerdir. Diğer taraftan; PVA etkisinin 3 numaralı toprak (33.16)> 2 numaralı toprak (30.43)>1 numaralı toprak (20.06), PAM'in etkisinin 3 numaralı toprak (31.39)> 2 numaralı toprak (27.70)>1 numaralı toprak (30.06), HA'in etkisinin 3 numaralı toprak (29.22)>2 numaralı toprak (26.37) >1 numaralı toprak (16.86) şeklinde gerçekleşmiştir. Bu veriler PVA materyalinin plastik limit değerini kontrole göre en fazla artıran HA' ise plastik limit değeri üzerinde en az etki oluşturan düzenleyici olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan mevcut ilavelerin toprakların plastiklik indeksi değerlerini önemli ölçüde düşürdüğü, polivinil alkolün diğer düzenleyicilere oranla daha etkili olduğu, söz konusu değişimin killi toprakta oransal olarak daha düşük gerçekleştiği saptanmıştır. Etki bakımından düzenleyicilerin PVA>PAM>HA, uygulama sürelerinin ise 2>4>3>1 sıralandıkları belirlenmiştir.

Sonuçta; PVA, PAM ve HA likit ve plastik limit değerlerini artırdığı, oluşan etkinin toprak bileşimine, ilave edilen düzenleyici bileşimine ve uygulanma süresine bağlı olduğu, likit ve plastik limit değerlerindeki artışın birbirine paralel olmadığı ve sonuçta plastiklik indeksi değerlerinin kontrole göre azaldığı ve bu değişimin toprak işleme zamanı üzerine etkisinin olumlu olduğu ifade edilebilir. Uygulamalarda bu hususlara özen gösterilmesinde yarar vardır.

Kaynaklar

- Aksakal EL, Angin I, Oztas T, 2013. Effects of diatomite on soil consistency limits and soil compactibility. *Catena*, 101, 157-163.
- Aksakal EL, Öztas T, 2010. Effects of PVA, PAM and HA on mean weight diameter and wet aggregate stability of soils. 45. hrvatski i 5. Međunarodni simpozij agronoma, 15-19 veljače 2010, Opatija, Hrvatska. Zbornik Radova.

- Barzegar AR, Hashemi AM, Herbert SJ, Asoodar MA, 2004. Interactive effects of tillage system and soil water content on aggregate size distribution for seedbed preparation in Fluvisols in southwest Iran. *Soil and Tillage Research*, 78(1), 45-52.
- Canbolat M, Öztaş T, 1997. Toprağın Kıvam Limitleri Üzerine Etki Eden Bazı Faktörler ve Kıvam Limitlerinin Tarımsal Yönden Değerlendirilmesi. *Atatürk Üni. Ziraat Fak. Dergisi*. 28 (1): 120-129.
- Canbolat M, Barık K, Özgü, M, 2013. Erzurum yöresinde farklı ana materyaller üzerinde oluşmuş üç toprak profilinin kıvam limitleri ve şişme-büzülme karakteristikleri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30(2).
- Demiralay İ, 1993. Topcanbolatrak Fiziksel Analizleri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 143*, ss: 131, Erzurum.
- Dexter AR, Czyż EA, Birkás M, Diaz-Pereira E, Dumitru E, Enache R, Simota C, 2005. SIDASS project: Part 3. The optimum and the range of water content for tillage-further developments. *Soil and Tillage Research*, 82(1), 29-37.
- Dexter AR, Bird NRA, 2001. Methods for predicting the optimum and the range of soil water contents for tillage based on the water retention curve. *Soil and Tillage Research*, 57 (4): 203-212.
- Gülser C, Candemir F, 2006. Ondokuz Mayıs Üniversitesi kurupelit kampüs topraklarının bazı mekaniksel özellikleri ve işlenebilirlikleri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(2), 213- 217.
- 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 and Tillage Research*, 108(1-2), 43-50.
- Hempfling R, Schulten HR, Horn R, 1990. Relevance of humus composition to the physical/mechanical stability of agricultural soils: a study by direct pyrolysis-mass spectrometry. *Journal of analytical and applied pyrolysis*, 17(3), 275-281.
- Kacar B, 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri, III. Toprak Analizleri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No.3*, Ankara.
- Keller T, Dexter AR, 2012. Plastic limits of agricultural soils as functions of soil texture and organic matter content. *Soil Research*, 50(1), 7-17.
- McBride RA, Carter MR, Gregorich EG, 2008. *Soil consistency: Upper and lower plastic limits. Soil sampling and methods of analysis*. CRC Press, Boca Raton, FL, 761-781.
- Mosaddegh MR, Mahboubi AA, Safadoust A, 2009. Short-term effects of tillage and manure on some soil physical properties and maize root growth in a sandy loam soil in western Iran. *Soil and tillage research*, 104(1), 173-179.
- Müller L, Lipiec J, Kornecki TS, Gebhardt S, 2011. Trafficability and workability of soils. In: *Encyclopedia of agrophysics* (eds J. Gliński, J. Horabik & J. Lipiec), pp. 912– 922. Springer Science + Business Media B.V., Dordrecht, Dordrecht, The Netherlands.
- Mueller L, Schindler U, Fausey NR, Lal R, 2003. Comparison of methods for estimating maximum soil water content for optimum workability. *Soil and Tillage Research*, 72 (1): 9-20. doi:10.1016/s0167-1987(03)00046-1.
- Obour PB, Lamandé M, Edwards G, Sørensen CG, Munkholm LJ, 2017. Predicting soil workability and fragmentation in tillage: a review. *Soil Use and Management*, 33(2), 288-298.
- Odell RT, Thornburn TH, McKenzie LJ, 1960. Relationships of Atterberg limits to some other properties of Illinois soils. *Soil Science Society of America Journal*, 24(4): 297-300. doi:10.2136/sssaj1960.03615995002.
- Özdemir N, Bülbül, E, 2021. Turhal koşullarında arazi kullanımı ve bazı mekaniksel toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 36(3), 376-385.
- Özdemir N, Öztürk E, EKBERLİ İ, 2015. Effects of organic and inorganic amendments on soil erodibility. *Eurasian Journal of Soil Science*, 4(4), 266-271.
- Özdemir N., 1998. *Toprak Fiziği*. OMÜ Ziraat Fakültesi Ders kitabı No. 30. Samsun.
- Kassım H, Özdemir N, 2022. Polimer ve hümik asit uygulamalarının toprağın strüktürel gelişimi üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 10(1), 19-28.
- Rawls WJ, Pachepsky YA, 2002. Soil consistence and structure as predictors of water retention. *Soil Science Society of America Journal*, 66(4), 1115-1126.
- Seybold CA, Elrashidi, MA, Enge RJ, 2008. Linear regression models to estimate soil liquid limit and plasticity index from basic soil properties. *Soil science*, 173(1), 25-34.
- Staff SS, 2014. *Keys to soil taxonomy*. United States Department of Agriculture: Washington, DC, USA.

- Sönmez K, 1981. Ahır gübresinin killi toprağın büzülme özelliği üzerine etkisi. Atatürk Üni. Ziraat Fak. Dergisi, 12(2-3), 31-37.
- Terzaghi, A, Hoogmoed WB, Miedema R, 1988. The use of the 'wet workability limit' to predict the land quality 'workability' for some Uruguayan soils. Netherlands journal of agricultural science, 36(1), 91-103.
- Thomas PJ, Baker JC, Zelazny LW, 2000. An Expensive Soil Index For Predicting Shrink-Swell Potential. Soil Sci. Soc. Am. J., 64:268-274.
- Yakupoğlu T, Öztaş, T, 2016. Düzenleyici Olarak Kullanılan Bazı Polimerlerin Toprak ve Su Kayıpları Üzerine Etkilerinin Agregat Büyüklüğüne Bağlı Olarak Yapay Ardıl Yağışlar Altında Araştırılması