

# Tütün Tozu Uygulamasının Alkali Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Etkileri

Kenan KILIÇ, Kadir SALTALI

Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, 60240, Tokat - TÜRKİYE

A.Kadir SÜRÜCÜ

Ondokuzmayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, 55139, Samsun - TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 02.06.2000

**Özet:** Bu çalışmanın amacı, alkali bir toprağın toprak strüktür stabilite (SS), hidrolik geçirgenlik (HC), hacim ağırlığı, değişebilir sodyum yüzdesi (ESP), sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) ve elektrolit konsantrasyonu (EC) üzerine tütün tozunun etkisini belirlemektir. Çalışma tesadüfi bloklar deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak dizayn edilmiş ve 0, 5, 10, 15, 20 ton/da düzeylerinde tütün tozu uygulanmıştır. Alkali toprağın HC ve SSI'yi artıran tütün tozuna bağlı olarak önemli düzeyde artmıştır. Bununla beraber, bu muamele deneme toprağının hacim ağırlığı, ESP ve SAR değerlerini azaltmıştır. Ancak ESP ve SAR değerlerindeki bu azalış istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Tütün tozu uygulaması pH ( $P < 0,01$ ) ve değişebilir sodyum'u ( $P < 0,05$ ) azaltmış, elektriki kondaktivite ( $P < 0,01$ ),  $\text{CaCO}_3$  ( $P < 0,05$ ), Değişebilir kalsiyum ve magnezyum ( $P < 0,05$ ) ve organik madde'yi ( $P < 0,05$ ) arttırmıştır. Tütün tozu uygulamasından sonra elde edilen verilerle yapılan analizler SAR değerlerinin toprakların SS ve HC değerleri ile yakın ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Tütün tozu alkali toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirmiş ve tarımsal potansiyellerini arttırmıştır. Sonuç olarak tütün tozu terk edilmiş alkali tarım arazilerinin kullanımı için çiftçilere tavsiye edilebilir.

**Anahtar Sözcükler:** Tütün tozu, değişebilir sodyum yüzdesi, sodyum adsorpsiyon oranı, hidrolik iletkenlik, strüktür.

## The Effect of Tobacco Waste Application on the Physical and Chemical Properties of Alkaline Soils

**Abstract:** This study was conducted to (i) determine the effect of tobacco waste application on the soil structure stability (SS), hydraulic conductivity (HC), bulk density, exchangeable sodium percentage (ESP), sodium adsorption ratio (SAR), and electrolyte concentration of alkaline soils, and (ii) observe the possibility of using tobacco waste for the reclamation of alkaline soils. The study was designed in randomized complete blocks with three replications and tobacco waste was applied at a rate of 0, 0.5, 1.5, 2.0 ton/ha to each block. The hydraulic conductivity and structure stability of the alkaline soils studied were substantially improved with increased rates of tobacco waste application. Bulk density, ESP and SAR were reduced with the same application. Although the reduction in ESP values was not statistically significant ( $P < 0.05$ ), SAR values were significant ( $P < 0.05$ ). Similarly, tobacco waste application decreased the pH ( $P < 0.01$ ) and exchangeable Na ( $P < 0.05$ ); however, soil electrical conductivity ( $P < 0.01$ ),  $\text{CaCO}_3$  ( $P < 0.05$ ), exchangeable Ca and Mg ( $P < 0.05$ ) and organic matter content ( $P < 0.05$ ) were increased. Statistical analyses of soil testing data after the application of tobacco waste revealed that SAR values were significantly correlated with SS and HC values. Tobacco waste enhanced the physical and chemical conditions, and increased the agricultural potential of the alkaline soils. Therefore, tobacco waste can be recommended for use on deserted alkaline agricultural fields.

**Key Words:** Tobacco waste, exchangeable sodium percentage, sodium adsorption ratio, hydraulic conductivity, structure.

## Giriş

Alkali topraklardaki kil fraksiyonu, tabaka silikatlarından oluşur ve kil dispersiyonu değişebilir sodyum ve porlardaki su bileşimi tarafından önemli derecede etkilenir. Aynı zamanda kil tipide, morfolojik ve yük karakteristiklerinden dolayı, kilin dispersiyonunu önemli derecede etkiler. Kil mineralleri, negatif yüzeylere bağlanan partiküllerin pozitif yüklenmiş kenarları ile

genellikle tabaka tipi strüktür oluşturarak floküle olur. Yüksek molekül ağırlıklarına sahip bazı aromatik ve alifatik polikarboksilik asitlerin kil partiküllerinin kenarlarındaki pozitif yükleri dengeleyerek killerin dispersiyonunda önemli bir rol oynadıkları bilinmektedir (Durgin ve Chaney, 1984). Ayrıca, organik anyonlar,  $\text{Ca}^{+2}$  gibi çok değerlikli katyonların aktivitesini azaltarak ve toprak kolloidleri üzerindeki negatif yükü artırarak kil dispersiyonunu arttırabilir (Oades, 1984). Ancak,  $\text{Ca}^{+2}$ 'un

ortamda yeterli miktarlarda bulunması durumunda, bu katyon negatif yüklenmiş organik kolloidler ve killer arasında köprü oluşturarak dispersiyonu önler (Gu ve Doner, 1993). Organik maddenin dispersiyon üzerindeki etkisi, sodiklik derecesi, organik maddenin cinsi, mekanik karıştırma derecesi, ortamda bulunan katyonların değerliliği ve kil içeriği ve tipi gibi diğer toprak karakteristiklerine bağlıdır (Gu ve Doner, 1993).

Yeşil gübre, çiftlik gübresi ve ürün artıkları gibi organik materyaller sodik toprakların strüktürünü geliştirmede kullanılmaktadır (More, 1994). Ancak, organik maddenin uygulanmasıyla ESP'de meydana gelecek düşüşün toprağın strüktür stabilitesini artırıp arttırmayacağı bilinmemektedir (Barzegar ve ark., 1997). Humik ve fulvik asitler minimum olduğunda yüzey gerilimi maksimum olmaktadır. Humik ve fulvik asit konsantrasyonu belirli bir değerin üzerine çıktığında moleküller ile kil partikülleri arasında köprüler oluşacak ve agregasyon oluşumu artacaktır (Visser, 1987). Dong ve ark. (1983), disperse olmuş kil parçacıkları ile onlara adsorbe olan organik madde miktarı arasında bir ilişkinin olduğunu belirtmişlerdir. Organik maddece zengin killer yüksek agregasyon göstermiş, organik maddenin çok az bir kısmının uzaklaştırılmasıyla killer dispers olmuştur. Kil parçacıkları nispeten düşük humik asit konsantrasyonlarında disperse, yüksek konsantrasyonlarda ise floküle olmaktadır (Visser ve Caillier, 1988).

Agregat stabilitesi ile organik madde içeriği arasında pozitif bir korelasyon vardır (Chaney ve Swift, 1984; Bartoli ve ark., 1988). Ancak, toprak agregatlarının stabilitesi toprak organik karbonunun miktarından çok, organik maddenin dizilimi ile çok daha yakından ilgilidir (Dormaar, 1983). Polisakkarit, humik maddeler ve fulvik asitler agregat stabilizasyonunda önemli bir rol oynamaktadır (McKeague ve ark., 1986; Chaney ve Swift, 1986).

Bu çalışmanın amacı, alkali toprağın (a) strüktür stabilite (SS), hidrolik geçirgenlik (HC), hacim ağırlığı, toprak reaksiyonu (pH), değişebilir sodyum yüzdesi (ESP), Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) ve elektrolit konsantrasyonuna (EC) tütün tozunun etkisini ve (b) Bu özelliklerin değişimine bağlı olarak tütün tozunun alkali toprakların ıslahında kullanılıp kullanılmayacağını belirlemektir.

## Materyal ve Metot

### Materyal

Bu araştırma Tokat-Kazova' da yer alan alkali bir toprakta yürütülmüştür. Toprak Taksonomisine göre Typic Ustifluent olarak sınıflandırılan bu toprakta pH 8,64, ESP % 40, SAR 23,6, EC 2050  $\mu$ S/cm, Organik madde ve kireç içerikleri sırasıyla % 0,99 ve % 8,7'dir (Tablo 3). Araştırmada organik madde kaynağı olarak sigara fabrikası atığı olan tütün tozu kullanılmış ve herhangi bir ön işleminden geçirilmemiştir (Tablo 1).

### Metot

Araştırmanın yürütüldüğü deneme tesadüf blokları deneme planına göre ve üç tekerrürlü olarak hazırlanmıştır. Tütün tozu 9 m<sup>2</sup>'lik parsellere 0, 5, 10, 15, 20 ton/da. dozlarında, sonbaharda (Kasım ayı) toprak yüzeyine karıştırılarak uygulanmış ve bir yıl süreyle doğal koşullarda (Bitkisiz ortam) bekletildikten sonra topraktaki olası değişimleri belirlemek için her bir parselin yüzeyden bir toprak örneği alınarak fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır.

Deneme toprağında; tekstür hidrometre metodu ile (Bouyoucus, 1951), % kireç Scheibler kalsimetre metodu (Çağlar, 1940), pH doyumluk çamurunda pH-metre ile, elektriksel iletkenlik(EC) doyumluk çamurundan, tütün tozunun EC değeri 1:5 oranında sulandırılarak (Jackson, 1958), KDK ve DK amonyum asetat ekstraksiyon metodu (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954), organik madde modifiye Walkley-Black metodu (Black, 1965), suda çözünebilir iyonlar toprak ekstraktından flame fotometrik olarak (Jackson, 1958), strüktür stabilite değerleri ıslak eleme yöntemi kullanılarak (Demiralay, 1993), hidrolik geçirgenlik bozulmuş toprak örneklerinde (Klute ve Dirksen, 1986), hacim ağırlığı bozulmamış toprak örnek silindirleri ile (Demiralay, 1993) belirlenmiştir.

Deneme öncesi ve deneme sonrası toprak özellikleri ortalama değerleri t testi ile karşılaştırılmış (Minitab version 12.1), tütün tozu uygulamaları ve strüktür stabilite indeksi ve diğer toprak parametreleri arasındaki ilişkiler korelasyon ve linear regresyon analizleri ile değerlendirilmiştir (Statmost version 32).

## Sonuçlar ve Tartışma

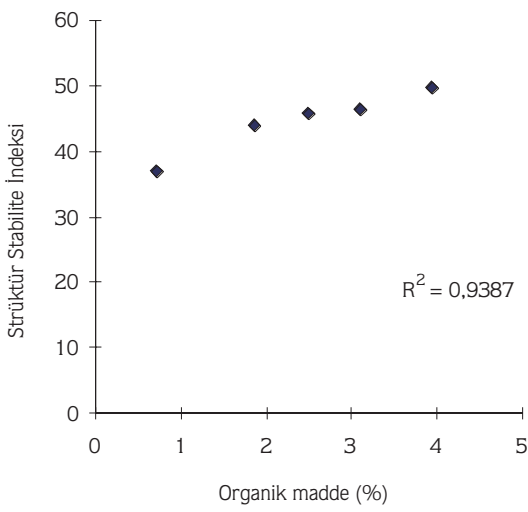
Alkali toprağa farklı miktarlarda uygulanan tütün tozu hidrolik geçirgenliği ve strüktür stabilitesini arttırmış, hacim ağırlığını ise azaltmıştır (Tablo 2, Şekil 1-2).

| pH (1:5) | EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (1:5) | Ca (ppm) | Mg (ppm) | N (%) | K (%) | P (ppm) | Na (ppm) |
|----------|--------------------------------------|----------|----------|-------|-------|---------|----------|
| 5.80     | 10700                                | 8050     | 9400     | 0,35  | 1,95  | 972,5   | 572      |

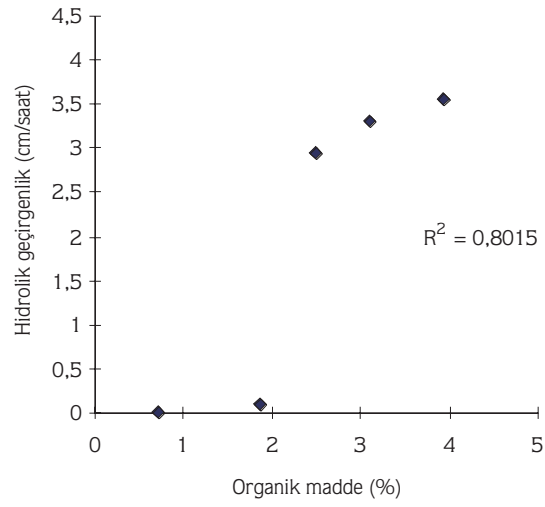
Tablo 1. Tütün tozunun bazı özellikleri

Tablo 2. Tütün tozu uygulamasının toprağın bazı fiziksel özelliklerine etkileri

| Uygulamalar (Ton/dekar) | HG (cm/saat) | HA ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) | SSI   | HSI (%) | Kum | Tekstür (%) Silt | Kil | Organik Madde (%) |
|-------------------------|--------------|--------------------------------|-------|---------|-----|------------------|-----|-------------------|
| 0                       | 0            | 1,36                           | 36,97 | 38,75   | 17  | 30               | 53  | 0,73              |
| 5                       | 0,10         | 1,26                           | 43,80 | 42,00   | 21  | 26               | 53  | 1,88              |
| 10                      | 2,93         | 1,25                           | 45,78 | 44,50   | 10  | 38               | 52  | 2,51              |
| 15                      | 3,30         | 1,19                           | 46,20 | 43,00   | 18  | 34               | 48  | 3,11              |
| 20                      | 3,54         | 1,09                           | 49,50 | 42,00   | 13  | 34               | 53  | 3,95              |



Şekil 1. Tütün tozu miktarına bağlı olarak strüktür Stabilitesinin değişimi



Şekil 2. Tütün tozu miktarına bağlı olarak hidrolik geçirgenliğin değişimi

Hidrolik geçirgenlik kontrol parsellerinde sıfır'a çok yakın iken, uygulanan tütün tozu dozlarıyla artarak orta düzeye çıkmıştır. Genel olarak organik maddenin ve elektrolit konsantrasyonunun artması ile HC ve SSI'nin arttığı belirtilmiştir (Cass ve Sumner, 1982).

Tütün tozunun yapısında bulunan humin, humik ve fulvik asit gibi organik bileşikler kil mineralleri ile organo-mineral kompleksler oluşturmaktadır. Toprağa uygulanan tütün tozu bir yandan ayrışmasıyla oluşan organik asitler aracılığıyla pH'yı düşürürken, diğer yandan yapısındaki iyonların çözeltiye geçmesini sağlamıştır. Tütün tozunun yapısında bulunan yüksek miktardaki  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  ve ayrışması sırasında topraktaki kirecin çözünmesi ile ortaya çıkan  $\text{Ca}^{++}$  organo-mineral kompleksleri

oluşturarak hem organik asitlerin etkisiyle oluşabilecek kil dispersiyonunu engellemiş hem de strüktür oluşumunu sağlayarak agregat stabilitesini arttırmıştır. Tütün tozu ile SSI ( $P<0,01$ ) ve HC ( $P<0,05$ ) arasındaki ilişki önemli bulunmuştur. Artan tütün tozu miktarına bağlı olarak hidrolik geçirgenlikteki artış, alkali toprakta strüktür oluşumunun bir yansımasıdır.

Alkali toprağa tütün tozunun uygulanması ile ESP ve SAR ( $P<0,05$ ) değerleri azalmıştır. Deneme öncesi SAR değerleri 19,7-23,6, deneme sonrası 14,27-26,30, ESP değerleri ise deneme öncesi 21,8-40, deneme sonrası 13-39 arasında değişmektedir (Tablo 3). ESP ve SAR değerindeki azalma organik maddenin ayrışması sırasında Ca'un serbestlenmesi ve topraktaki  $\text{CaCO}_3$ 'ün

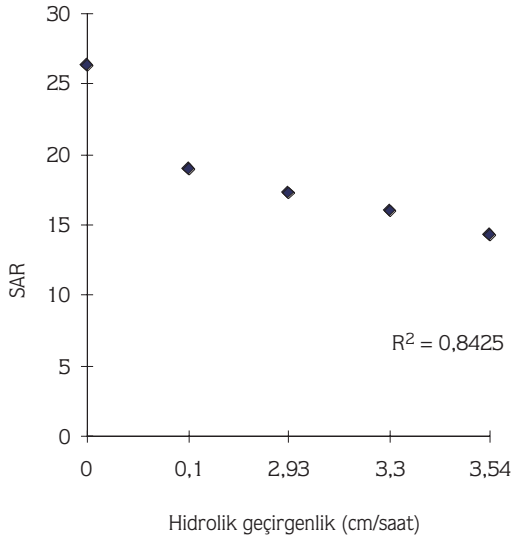
Tablo 3. Tütün tozu uygulamasının toprağın bazı kimyasal özelliklerine etkileri  
D.Ö.- Deneme öncesi; D.S.- Deneme sonrası

| Uygu.<br>(ton/da.) | PH     |      | EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) |      | Değişebilir Katyonlar (cmol/kg) |      |     |       |      |     | ESP  |      | SAR    |      | CaCO <sub>3</sub> (%) |      |
|--------------------|--------|------|--------------------------------|------|---------------------------------|------|-----|-------|------|-----|------|------|--------|------|-----------------------|------|
|                    | D.Ö    | D.S  | D.Ö                            | D.S  | D.Ö                             |      |     | D.S   |      |     | D.Ö  | D.S  | D.Ö    | D.S  | D.Ö                   | D.S  |
|                    |        |      |                                |      | Ca+Mg                           | Na   | K   | Ca+Mg | Na   | K   |      |      |        |      |                       |      |
| 0                  | 8,64   | 8,58 | 2050                           | 2300 | 12,6                            | 14,9 | 4   | 12,6  | 14,6 | 4,3 | 40   | 39   | 23,6   | 23,8 | 8,7                   | 8,75 |
| 5                  | 8,71   | 8,20 | 2090                           | 2400 | 13,9                            | 11,8 | 5,3 | 19    | 9,32 | 4,6 | 31,3 | 22,3 | 19,7   | 19   | 10,4                  | 8,66 |
| 10                 | 8,61   | 8,06 | 2000                           | 2400 | 18,9                            | 9,6  | 6,6 | 21,1  | 6,9  | 10  | 21,8 | 13   | 21,4   | 17,2 | 9,1                   | 8,21 |
| 15                 | 8,65   | 8,42 | 2000                           | 2700 | 12,8                            | 17,2 | 8   | 21,6  | 12,5 | 6,2 | 37,7 | 25,8 | 22,7   | 20   | 9,8                   | 8,21 |
| 20                 | 8,91   | 8,20 | 2050                           | 3160 | 6,5                             | 18,5 | 6,7 | 10,1  | 9,9  | 14  | 52,1 | 19,7 | 21,9   | 14,3 | 10,7                  | 8,12 |
|                    | P<0,01 |      | P<0,01                         |      | Ca+Mg ve Na: P<0,05             |      |     |       |      |     |      |      | P<0,05 |      | P<0,05                |      |

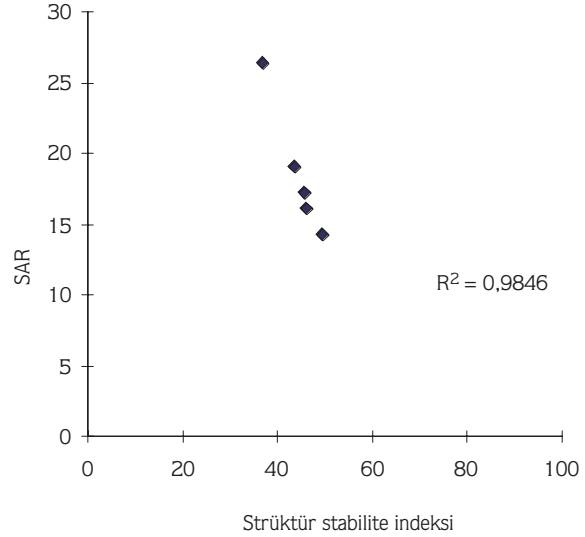
çözünmesinden kaynaklanabilir. ESP ve SAR değerleri azalırken HC ve SSI değerleri artmıştır (Şekil 3-4). Yaron ve Thomas (1968), ESP artarken HC'nin azaldığını, Cass ve Sumner (1982) SAR değerinin azalması ile HC'nin arttığını ve SAR değerindeki azalmanın, çözünebilir Na'un azalmasına karşılık, çözünebilir Ca<sup>++</sup> ve Mg<sup>++</sup>'un artmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Toprağın EC(10<sup>6</sup>)'si deneme öncesi 2000-2090  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , deneme sonrası 2300-3160  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , uygulanan Tütün tozunun ise 10700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir. Toprağa uygulanan tütün tozunun tuzlu olması, deneme parsellerinde EC'nin artmasına (P<0,01) neden olmuştur. Buna karşılık, tütün tozunun Na içeriği, N, P, K, Ca<sup>++</sup> ve Mg<sup>++</sup>'a göre çok düşüktür (Tablo 1). Tütün tozunda Na'un az olması, bu materyalin ayrışması ile toprakta oluşacak tuzlardan Ca<sup>++</sup>

ve Mg<sup>++</sup> tuzlarının daha fazla olma olasılığını arttırmaktadır. Farklı dozda tütün tozu uygulamaları ile ortaya çıkan EC ile HC ve SSI arasındaki ilişkiler önemli bulunmamıştır. Shainberg ve ark. (1980), topraklarda tuz konsantrasyonunun artması ile difüze çift tabakanın daralarak taneciklerin floküle olduğunu, dolayısıyla HC ve SSI'nin arttığını belirtmişlerdir. Tuzlu toprakların fiziksel özelliklerinin, alkali topraklara göre iyi olduğu, alkali toprakların ıslahında, elektrolit konsantrasyonu yüksek, Ca<sup>++</sup> ve Mg<sup>++</sup> içeriği zengin tuzlu sular kullanıldığında, toprağın geçirgenliğinin arttığı bildirilmiştir (Suarez ve ark., 1984). Oster ve Shainberg (1979), tuzluluğun artmasıyla şişme, agregatların parçalanması ve toprak partiküllerinin dispersiyonunun azaldığını saptamışlardır.



Şekil 3. Hidrolik geçirgenlik ile SAR (Sodyum Adsorpsiyon Oranı) değeri arasındaki ilişki



Şekil 4. Strüktür stabilite indeksi ile SAR (Sodyum Adsorpsiyon Oranı) değeri arasındaki ilişki

Organik madde (Tütün tozu) uygulaması, pH ( $P < 0,01$ ) ve ESP'nin azalmasına HC'nin artmasına ve alkali toprağın fiziksel özelliklerinin iyileşmesine yardımcı olmuştur. ESP'nin hidrolik geçirgenlik ve partiküllerin dispersiyonuna olumsuz etkisinin yüksek pH ile arttığı belirtilmektedir (Caillier ve Visser, 1988).

Sonuç olarak, alkali topraklara tütün tozu uygulaması toprağın organik madde,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ , HC, SSI ve EC'sinin yükselmesine, hacim ağırlığı, pH,  $Na^+$ , ESP ve SAR değerlerinin düşmesine neden olmuştur. Tütün tozu

uygulanan parsellerde ESP ve SAR değerleri genellikle 15'in üzerindedir. Ancak tütün tozu uygulanmadan önceki ESP ve SAR değerleri ile tütün tozu uygulandıktan sonraki ESP ve SAR değerleri arasında oransal olarak önemli bir farklılık vardır ve aynı zamanda değişebilir Na (düşüş % 2-47 arasında) oranında önemli derecede düşmüştür. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre alkali toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin iyileştirilmesi ve ıslah edilmesinde tütün tozunun kullanılması hem çevre hem de tarımsal açıdan önemli yararlar sağlayabilir.

## Kaynaklar

- Barzegar, A.R., P.N. Nelson, J.M. Oades, P. Rengasamy. 1997. Organic matter, sodicity, and clay type: Influence on soil aggregation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61, 1131-1137.
- Bartoli, F., R. Philippo, G. Burtin. 1988. Aggregation in soils with small amounts of swelling clays. I. Aggregate stability. *J. Soil Sci.*, 39, 593-616.
- Black, C.A. 1965. *Methods of Soil Analysis Part 2*: 910. Amer. Soc. of Agro. Inc. Publisher Madison, Wisconsin, U.S.A.
- Bouyoucus, G.J.A. 1951. Recalibration of The Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soil.
- Caillier, M., S.A. Visser. 1988. Observations on the dispersion and aggregation of clays by humic substances. II. Short-term effects of humus-rich peat water on clay aggregation. *Geoderma*, 43, 1-9.
- Cass, A., M.E. Sumner. 1982. Soil pore structural stability and irrigation water quality: I. Empirical sodium stability model. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46, 503-507.
- Chaney, K., R.S. Swift. 1984. The influence of organic matter on aggregate stability in some British soils. *J. Soil Sci.*, 35, 223-230.
- Chaney, K., R.S. Swift. Studies on aggregate stability. 1986. II. The effect of humic substances on the stability on the re-formed soil aggregates. *J. Soil Sci.*, 37, 337-343.
- Çağlar, K.Ö. 1940. Türkiye Toprak Haritası. Ege Üni. Zir. Fak., Bornova-Izmir.
- Demiralay, İ. 1993. Toprak fiziksel analiz yöntemleri. A.Ü.Z.F. Erzurum.
- Dong, A., G. Chesters, G.V. Simsman. 1983. Soil dispersability. *Soil Sci.*, 136, 208-212.
- Dormaar, J.F. 1983. Chemical properties of soil and water-stable aggregates after sixty-seven years of dropping to spring wheat. *Plant Soil*, 75, 51-61.
- Durgin, P.B., J.B. Chaney. 1984. Dispersion of kaolinite by dissolved organic matter from Douglas-fir roots. *Can. J. Soil Sci.*, 64, 445-455.
- Gu, B., H.E. Doner. 1993. Dispersion and aggregation of soils as influenced by organic and inorganic polymers. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57, 709-716.
- Jackson, M.L. 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J.
- McKeague, J.A., M.V. Cheshire, F. Andreux, J. Berthelin. 1986. Organo-mineral complexes in relation to pedogenesis. *Soil Sci. Soc. Am. Spec. Pub.*, 17, 549-592.
- More, S.D. 1994. Effect of farm wastes and organic manures on soil properties, nutrient availability and yield of rice-wheat grown on sodic Vertisol. *J. Indian Soil Sci.*, 42, 253-256.
- Oades, J.M. 1984. Soil organic matter and structural stability: Mechanisms and implications for management. *Plant Soil*, 76, 319-334.
- Oster, J.D., I. Shainberg, 1979. Exchangeable cation hydrolysis on soil weathering as affected by exchangeable sodium. *Soil Sci. Soc. A. J.*, 43, 70-75.
- Shainberg, I., J.D. Rhoades, R.J. Pratner, 1980. Effect of exchangeable sodium percentage, cation exchange capacity, and soil solution concentration on soil electrical conductivity. *Soil Sci. Soc. A. J.*, 44, 469-473.
- Suarez, D.L., J.D. Rhoades, R. Lavado, C.M. Grieve, 1984. Effect of pH on saturated hydraulic conductivity and soil dispersion. *Soil Sci. Soc. A. J.*, 48, 50-55.
- U.S. Salinity Lab. Staff. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA, No: 60. P 160. Washington, D.C.
- Visser, S.A. 1982. Surface active phenomena by humic substances of aquatic origin. *Rev. Fr. Sci. Eau.*, 1, 285-295.
- Visser, S.A., M. Caillier. 1988. Observations on the dispersion and aggregation of clays by humic substances. I. Dispersive effects of humic acids. *Geoderma*, 42, 331-337.
- Yaron, B., G.W. Thomas. 1968. Soil hydraulic conductivity as affected by sodic water. *Wat. Resour. Res.*, 4, 545-552.